



Latvijas
Biozinātņu un
tehnoloģiju
universitāte

Latvia University of Life Sciences and Technologies

Mg. agr. Irina Sivicka

RAUDENES (*ORIGANUM VULGARE* L.) ĢENĒTISKO RESURSU IZVĒRTĒJUMS LATVIJĀ

EVALUATION OF OREGANO (*ORIGANUM VULGARE* L.) GENETIC RESOURCES IN LATVIA

Promocijas darba KOPSAVILKUMS
zinātnes doktora grāda (Ph.D.) iegūšanai lauksaimniecības, meža un
veterinārajās zinātnēs

SUMMARY
*of the Doctoral Thesis for the Scientific Degree Doctor of Science (Ph.D.) in
Agriculture, Forestry and Veterinary Sciences*

Jelgava 2025

Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte
Latvia University of Life Sciences and Technologies

Lauksaimniecības un pārtikas tehnoloģijas fakultāte
Faculty of Agriculture and Food technology

Augsnes un augu zinātņu institūts
Institute of Soil and Plant Sciences



Mg. agr. **IRINA SIVICKA**

**RAUDENES (*ORIGANUM VULGARE* L.) ĢENĒTISKO
RESURSU IZVĒRTĒJUMS LATVIJĀ**

***EVALUATION OF OREGANO
(*ORIGANUM VULGARE* L.)
GENETIC RESOURCES IN LATVIA***

Promocijas darba KOPSAVILKUMS

zinātnes doktora grāda (Ph.D.) iegūšanai
lauksaimniecības, meža un veterinārajās zinātnēs

SUMMARY

*of the Doctoral Thesis for the Scientific Degree Doctor of Science (Ph.D.) in
Agriculture, Forestry and Veterinary Sciences*

Jelgava
2025

Darba zinātniskais vadītājs / Scientific supervisor: Dr. agr. Aleksandrs Adamovičs

Darba recenzenti / Reviewers:

Dr. agr. **Arta Kronberga**

Dr. agr. **Līga Lepse**

Dr. silv. **Dagnija Lazdiņa**

Promocijas darba aizstāvēšana paredzēta Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātes Lauksaimniecības un zivsaimniecības zinātnes, mežzinātnes ar specializāciju “Lauksaimniecība” Promocijas padomes atklātajā sēdē 2025. gada 12. jūnijā plkst. 10:00, Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātē, 123. auditorijā, Lielā iela 2, Jelgava.

***The defence of the Thesis** will be held in an open session of the Promotion Board in Agriculture and Fisheries Sciences, Forest science with specialisation in Agriculture on 12th of June 2025, at 10:00, in room 123, Latvia University of Life Sciences and Technologies, Liela Street 2, Jelgava.*

Ar promocijas darbu un tā kopsavilkumu var iepazīties Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātes Fundamentālajā bibliotēkā, Lielā iela 2, Jelgava un interneta vietnē: <https://lbtufb.lbtu.lv/lv>.

***The Thesis and Summary are available** at the Fundamental Library of Latvia University of Life Sciences and Technologies, Liela Street 2, Jelgava and under the link: <https://lbtufb.lbtu.lv/lv>.*

Atsauksmes lūdzu sūtīt Lauksaimniecības un zivsaimniecības zinātnes, mežzinātnes ar specializāciju “Lauksaimniecība” Promocijas padomes sekretārei Dr. sc. ing. Ingrīdai Augšpolei, Lielā iela 2, Jelgava, Latvija, LV-3001 vai e-pastā: ingrida.augspole@lbtu.lv.

References are welcome to be sent to Dr. sc. ing. Ingrīda Augšpole, the Secretary of the Promotion Board in Agriculture and Fisheries Sciences, Forest science with specialisation in Agriculture, Latvia University of Life Sciences and Technologies, Liela Street 2, Jelgava, Latvia, LV-3001 or by email: ingrida.augspole@lbtu.lv.

Darba pabeigšanu atbalstīja ESF projekts Nr. 8.2.2.0/20/I/001 „LLU pāreja uz jauno doktorantūras finansēšanas modeli”.

The completion of the work was supported by the ESF project No. 8.2.2.0/20/I/001 "Transition of LLU to the new doctoral funding model"

NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA
Eiropas Sociālais
fonds

I E G U L D Ī J U M S T A V Ā N Ā K O T N Ē

SATURS / CONTENT

IEVADS	4
MATERIĀLI UN METODES	6
Pētījuma vieta un laiks, pētījuma periodi	6
Pētījumā veiktie novērojumi un analīzes	7
Meteoroloģisko apstākļu raksturojums	13
Datu matemātiskā apstrāde	15
Deskriptora metodikas precizēšana	16
REZULTĀTI	16
Morfoloģiskie rādītāji	16
Klonu vērtējums	19
Raudenes deskriptora metodikas precizēšana	30
SECINĀJUMI	31
 INTRODUCTION	 32
MATERIALS AND METHODS	34
Description of the study area and dates, research periods	34
Observations and analyses performed	35
Characterisation of meteorological conditions	41
Mathematical data analysis	43
Methodology's clarification of the Descriptor list <i>Origanum vulgare</i> L. ..	44
RESULTS	44
Morphological indices	44
Evaluation of accessions	47
Methodology's clarification of the Descriptor list <i>Origanum vulgare</i> L. ..	52
CONCLUSIONS	53

IEVADS

Bioloģiskās daudzveidības saglabāšana ir nozīmīga visā pasaulē un tiek regulēta daudzu starptautisko un valstisko normatīvo aktu ietvaros. Saskaņā ar Konvenciju par bioloģisko daudzveidību un Apvienoto Nāciju Pārtikas un lauksaimniecības organizācijas Otro lauksaimniecībā un pārtikā izmantojamo augu ģenētisko resursu globālās darbības plānu, arī Latvijai ir jāpilda saistības ģenētisko resursu saglabāšanā un izmantošanā, ievērojot dokumentu kopējās nostādnes.

Daudzviet pasaulē garšaugu un ārstniecības augu savvaļas populācijas apdraud lauksaimniecības intensifikācija, vides piesārņojums, klimata izmaiņas, būvniecība laukos, dabisko biotopu iznīcināšana u.c. Turklāt plašs aromātisko un ārstniecības augu pielietojuma spektrs ietekmē sugu nekontrolētu vākšanu un savvaļas biotopu iznīcināšanu, līdz ar to arī ģenētisko resursu izzušanu. Kultivēšanu uzskata par svarīgu augu ģenētisko resursu aizsardzības pasākumu. Tā ļauj saglabāt vairoties spējīgus augus, kas agrocenozes apstākļos turpina evolucionēt un pielāgoties klimata pārmaiņām, kā arī sekmē ģenētisko resursu komercializāciju. Latvijā trūkst daudzgadīgu fundamentālu pētījumu par garšaugu un ārstniecības augu sugu ģenētisko resursu saglabāšanu un izpēti, kas ļautu vispusīgi izvērtēt klonu morfoloģiskās, ķīmiskās un ģenētiskās īpašības, kā arī veikt perspektīvāko un saimnieciski nozīmīgāko klonu atlasī turpmākai kultivēšanai. Informācija par šiem aspektiem kalpotu par pamatu augstas un kvalitatīvas ražas nodrošināšanai. Līdzšinējie pētījumi šajā virzienā ir bijuši nepietiekami un joprojām uzskatāmi par novitāti.

Raudene (*Origanum vulgare* L.) ir pieskaitāma ārstniecības augiem un garšaugiem ar plašu izmantošanas spektru. Suga ir iekļauta Eiropas prioritāro aromātisko un ārstniecības augu sarakstā, tāpēc tās ģenētisko resursu izziņāšana, saglabāšana un kultivēšana ir aktuāla arī Latvijā. Polimorfisma dēļ vienā biotopā augošām raudenēm nereti var konstatēt vizuālu neviendabību. Atlasot īpatņus no savvaļas populācijām to turpmākai kultivēšanai, novērots, ka agrocenozē augiem ir tendence veidot lielāku biomasu, bet saglabāt kādas specifiskas pazīmes, kas cieši korelē ar ievākšanas vietas īpatnībām. Tāpēc pirms raudenes ģenētisko resursu kultivēšanas jāveic produktīvāko klonu atlase un izvērtējums.

Promocijas darba mērķis: izvērtēt Latvijas garšaugu ģenētisko resursu *ex situ* pamatkolekcijā esošos raudenes klonus un atlasīt saimnieciski nozīmīgākos.

Promocijas darba uzdevumi:

- aprakstīt garšaugu ģenētisko resursu *ex situ* pamatkolekcijā esošos raudenes klonus pēc starptautiski atzīta deskriptora;
- veikt klonu ķīmiskā sastāva analīzi;
- atlasīt kultivēšanai piemērotus klonus ar augstu produktivitāti;
- precizēt raudenes starptautiskā deskriptora metodiku.

Pētījuma hipotēze: raudenes ģenētiskajiem resursiem raksturīga morfoloģisko un ķīmisko pazīmju mainība.

Promocijas darba novitāte un zinātniskais nozīmīgums: Latvijā pirmo reizi veikts ilggadīgs pētījums par raudenes ģenētisko resursu izvērtējumu, kloni aprakstīti pēc starptautiski atzīta deskriptora, veikta saimnieciski nozīmīgāko klonu atlase, precizēta raudenes starptautiskā deskriptora metodika.

Aizstāvējamās tēzes:

1. raudenes kloni atšķiras pēc vairākām morfoloģiskajām un morfometriskajām pazīmēm;
2. raudenes klonu produktivitāte atkarīga no audzēšanas apstākļiem un stādījuma izmantošanas ilguma;
3. zems ēterisko eļļu saturs raudenes kloniem saistīts ar minimālu dziedzermaņu pārkājumu uz dažādām auga daļām;
4. raudenes klonu pazīmes ietekmē to piemērotību attiecīgajam izmantošanas veidam;
5. deskriptora pilnveidošana ļauj precīzāk raksturot raudenes klonu pazīmes.

Pētījuma rezultāti iegūti, pateicoties trīs projektu finansējumam:

1. LR ZM ikgadējam projektam “Par valsts subsīdiju izlietošanu aromātisko un ārstniecības augu ģenētisko resursu kolekcijas saglabāšanai”;
2. ESF projektam “LLU pāreja uz jauno doktorantūras finansēšanas modeli”, vienošanās Nr. 8.2.2.0/20/I/001. Līguma Nr. 1649, no 17.05.2021 līdz 16.05.2022;
3. ERAF projektam “Latvijas Zinātņu akadēmijas un Latvijas Lauksaimniecības un meža zinātņu akadēmijas kapacitātes stiprināšana un starptautisku projektu pieteikumu izstrāde” (apmaksāta līdzdalība konferencē “Modern Phytomorphology” 2013. gadā un ziņojuma publicēšana konferences rakstu krājumā).

Pētījuma aprobācija

Par pētījuma rezultātiem sagatavotas sešas *Scopus* un/vai *Web of Science* datu bāzēs indeksētas publikācijas, kā arī četrpadsmit publikācijas semināru un konferenču rakstu un tēžu krājumos. Sniegti sešpadsmit mutiskie un stenda referāti, no kuriem trīspadsmit – tieši starptautiskajās konferencēs un semināros.

Publikācijas, kas indeksētas SCOPUS un/vai WEB OF SCIENCE datu bāzēs

1. Sivicka I., Adamovičs A. (2024). Evaluation of oregano (*Origanum vulgare* L.) accessions by complex of functional traits. **In:** *Environment*.

Technology. Resources: Proceedings of the 15th International Scientific and Practical Conference on June 27-28, 2024. Volume I: Rezekne Academy of Technologies, Rezekne, Latvia, 2024, pp. 330–333.

2. Sivicka I., Adamovičs A., Sokolova O., Lācis G., Krivmane B. (2022). Integrated assessment of oregano (*Origanum vulgare* L.) accessions from the *ex situ* collection of genetic resources. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B Natural Exact and Applied Sciences*, Vol. 76, No. 4(739), pp. 455–463. **Q4**
3. Sokolova O., Sivicka I., Krivmane B., Kārklīņa K. (2021). First report of *Truncatella angustata* causing leaf spot on oregano (*Origanum vulgare*) in Latvia. *Journal of Phytopathology*, Volume 170, Issue 3, pp. 1–9. <https://doi.org/10.1111/jph.13064> **Q2**
4. Sivicka I., Adamovics A., Ivanovs S., Osinska E. (2019). Some morphological and chemical characteristics of oregano (*Origanum vulgare* L.) in Latvia. *Agronomy Research*, Vol. 17, pp. 2064–2070. **Q3**
5. Sivicka I., Žukauska I., Balode A., Adamovičs A. (2015). Fresh and air-dry biomass of oregano (*Origanum vulgare* L.) accessions. **In: Nordic View to Sustainable Rural Development: Proceedings of the 25th NJF Congress**, held in Riga, Latvia, June 16–18, 2015, pp. 46–51.
6. Sivicka I., Adamovičs A., Žukauska I. (2012). Research of oregano (*Origanum vulgare* L.) inflorescence's parameters. **In: Research for Rural Development 2012: annual 18th international scientific conference proceedings**, Jelgava, May 16–18, 2012, Vol. 1, pp. 56–60.

Citas publikācijas

1. Sivicka I., Adamovičs A. (2024). *Draft Descriptor List Origanum vulgare L.* Rome: ECPGR. 8 p. *Dokuments iesniegts izskatīšanai, apstiprināšanai un publicēšanai ECPGR elektroniskajā sistēmā.*

MATERIĀLI UN METODES

Pētījuma vieta un laiks, pētījuma periodi

Pētījumu veica Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātes (LBTU) Lauksaimniecības un pārtikas tehnoloģijas fakultātes (LPTF) Augsnes un augu zinātņu institūtā (AAZI), izmantojot aromātisko un ārstniecības augu *ex situ* kolekcijas (N 56°39'45.3''; E 23°45'15.2'') ģenētisko materiālu. Kolekcija atrodas AAZI Dārzkopības un biškopības laboratorijā, Jelgavā, Strazdu ielā 1.

Ex situ kolekcijā ir 44 raudenes kloni, ievākti Latvijā, dažādās vietās 8 novados: Aizkraukles, Cēsu, Jelgavas, Madonas, Pļaviņu, Talsu, Tukuma un Valmieras, kā arī Rīgas plānošanas reģionā. Veicot pētījumu, klonus aprakstīja pēc Eiropas Augu ģenētisko resursu sadarbības programmas Ārstniecības un

aromātisko augu darba grupas (*ECPGR MAP WG*) izstrādātā un starptautiski atzītā deskriptora.

Pētījumu veica no 2012. līdz 2020. gadam 3 periodos:

- **pirmajā pētījuma periodā** (2012.–2015. gadi), izmantojot deskriptoru analizēja klonu morfoloģiskos un produktivitātes rādītājus, veica ķīmisko rādītāju izpēti;
- **otrajā pētījuma periodā** (2016.–2019. gadi) turpinājās klonu morfoloģisko un produktivitātes rādītāju izpēti, aprakstot augus pēc deskriptora, kā arī pielietojot krāsu skalas;
- **trešajā pētījuma periodā** (2020. gads) veica padziļinātu dziedzermatiņu izpēti uz dažādām augu daļām un identificēja uz raudenes lapām sastopamās sēnes.

Pētījumā veiktie novērojumi un analīzes

Aprakstot raudenes klonus pēc deskriptora, izvērtēja **morfoloģiskos rādītājus**:

- *auga un stumbru raksturojums*: auga augšanas forma, auga augstums, stumbru skaits no auga, zarošanās intensitāte, stumbru apmatojums, stumbru krāsa, internodiju skaits;
- *lapu raksturojums*: lapojuma blīvums, lapas plātnes virspuses krāsa, lapas plātnes garums, lapas plātnes garuma un platuma attiecība, lapas plātnes forma, lapas plātnes pamatnes un malas tips, dziedzermatiņu esamība un pārklājums lapas plātnes virspusē un apakšpusē, vienkāršo matiņu esamība un pārklājums uz lapas plātnes dzīslām, lapas plātnes virsotnes tips;
- *ziedkopu raksturojums*: ziedkopu garums un platums, ziedu blīvums, ziedlapu krāsa, attiecība starp ziedlapu un kauslapu garumu, ziedkausa forma un tips, kauslapu krāsa, dziedzermatiņu esamība un pārklājums uz ziedkausa virskārtas, brahteju (pieziedlapu) pāru skaits, brahteju garums, attiecība starp brahteju un ziedkausa garumu, brahteju forma, brahteju tekstūra, brahteju krāsa, dziedzermatiņu esamība un pārklājums brahteju virspusē un apakšpusē, vienkāršo matiņu esamība un pārklājums;
- *sēklu raksturojums*: sēklu krāsa, 1000 sēklu masu, sēklu ražība, g no auga.

Mērījumus veica 10 atkārtojumos pirmajā pētījuma periodā, trīs atkārtojumos – otrajā. Dažādu auga daļu, kā arī sēklu krāsu novērtēja pēc Anglijas Karaliskās Dārzkopības biedrības (RHS) krāsu skalas, kas satur 920 krāsu kodus.

Par klonu produktivitāti noteicošajām morfoloģiskajām pazīmēm uzskatīja: auga augstumu, stumbru skaitu, internodiju skaitu, lapojuma blīvumu, ziedkopas garumu un platumu, ziedu blīvumu, vienkāršo matiņu esamību un pārklājumu uz dažādām auga daļām, dziedzermatiņu esamību un pārklājumu uz

dažādām auga daļām, ziedēšanas sākumu un pilnās ziedēšanas fāzes iestāšanos, 1000 sēklu masu, sēklu ražību.

Klonu vērtējumu veica pēc pazīmēm: zaļā masa, gaissausā masa, ziemcietība, sēņu ierosināto slimību un/vai fizioloģisko bojājumu attīstības un kaitēkļu bojājumu pakāpe, ķīmiskie rādītāji: ēterisko eļļu saturs un sastāvs, askorbīnskābes saturs lapās. Mērījumus un uzskaiti (izņemot ķīmisko rādītāju noteikšanu) veica visiem kloniem katru gadu.

Klonu zaļā masa un gaissausā masa. Pirmajā un otrajā pētījuma periodā izvērtēja zaļo masu, g no auga (augu svars svaigi novāktajai ražai) un gaissauso masu, g no auga. Gaissausās masas noteikšanai augus pēc novākšanas izkaltēja LBTU Dārzkopības un biškopības laboratorijas telpā, +26 °C temperatūrā, tumsā, nodrošinot nepārtrauktu ventilāciju, aptuveni 3 nedēļas, gatavību nosakot ar tausti – augi lūst, bet saglabā kaltētajai raudenei raksturīgu krāsu. Gan zaļās, gan gaissausās masas uzskaiti abos pētījuma periodos veica katru gadu. Lai objektīvi salīdzinātu ražas datus, katram klonam izrēķināja arī kumulatīvo jeb summāro zaļo masu 1.–4. audzēšanas gadiem konkrētā pētījuma periodā.

Klonu ziemcietību vērtēja katru gadu, pavasara ataugšanas fāzē, pēc skalas:

- ļoti zema (vairāk nekā 95% augu ir bojāti vai aizgājuši bojā);
- zema (75–94% augu ir bojāti vai aizgājuši bojā);
- vidēja (50–74% augu ir bojāti vai aizgājuši bojā);
- augsta (5–49% augu ir bojāti vai aizgājuši bojā);
- ļoti augsta (0–4% augu ir bojāti vai aizgājuši bojā).

Sēņu ierosināto slimību attīstības un kaitēkļu bojājumu noteikšanai izmantoja adaptīvu piecu ballu skalu:

- 0 – nav redzamu slimības simptomu / kaitēkļu radīto bojājumu;
- 1 – līdz 25% auga virsmas ir ar vizuāli redzamiem slimības simptomiem / kaitēkļu radītajiem bojājumiem;
- 2 – 26–50% auga virsmas ir ar vizuāli redzamiem slimības simptomiem / kaitēkļu radītajiem bojājumiem;
- 3 – 51–95% auga virsmas ir ar vizuāli redzamiem slimības simptomiem / kaitēkļu radītajiem bojājumiem;
- 4 – 96–100% augu ir ar vizuāli redzamiem slimības simptomiem / kaitēkļu radītajiem bojājumiem.

Promocijas darba izstrādes procesā novēroja, ka slimību simptomi un iespējamie fizioloģiskie bojājumi uz raudenes lapām mēdz būt līdzīgi vai pat identiski (plankumi). Līdz ar to izstrādāto adaptīvu 5 ballu skalu slimību attīstības pakāpes noteikšanai pielietoja arī fizioloģisko bojājumu pakāpes noteikšanai, tādējādi veicot komplekso vērtējumu. Katru gadu novērojumus veica vairākas reizes veģetācijas periodā atbilstoši fenoloģiskajām fāzēm (pavasara ataugšana, pumpurošanās, ziedēšanas sākums, pilnziedēšana, ziedēšanas beigas un sēklu aizmešanās, sēklu gatavošanās, stumbru atmiršana).

Detalizētu pētījumu par sastopamo sēņu identificēšanu veica trešajā pētījuma periodā, 2020. gadā, Dārzkopības institūta Augu patoloģijas un entomoloģijas nodaļā. Veģetācijas laikā no bojāto raudenes lapu audiemi izolēja

sēnes. Šim nolūkam lapas ar vizuāli redzamiem slimību simptomiem vienu minūti dezinficēja 1.5% nātrija hipohlorīta šķīdumā, tad trīs reizes noskaloja destilētā ūdenī un nosusināja starp sterilām papīra loksnēm. Ar sterilo skalpeli no bojātiem audiem izgrieza nelielus fragmentus un novietoja uz kartupeļu dekstrozes agara barotnes (PDA) Petri platēs. Noslēgtas plates inkubēja istabas temperatūrā (20 ± 1 °C). Pēc piecām dienām sēnes izdalīja tīrkultūrā, pārsējot katru atsevišķi uz jaunajām PDA barotnēm. Tīrkultūras 7–10 dienas inkubēja audzēšanas skapī 20 ± 1 °C kontrolētā temperatūrā un tumsā. Sākotnējā izolātu identificēšana veikta pēc morfoloģiskajām pazīmēm (micēlija uzbūves, sporu esamības u.c.). Sagrupējot izolātus atbilstoši morfoloģiskajai līdzībai, katras grupas pārstāvjus atlasīja precīzai identifikācijai, pielietojot DNS ITS (*internal transcribed spacer*) reģiona sekvenčēšanu. DNS izdalīšanai 7–9 dienu vecu micēliju (400 mg) nokasīja no barotnes virsmas, sasaldēja šķidrā slāpekļī un sasmalcināja līdz smalkā pulvera stāvoklim.

DNS izdalīšanu veica pielietojot reaģentu komplektu DNeasy Plant Mini Kit (Qiagen, Vācija). Pirms sekvenčēšanas PCR (*polymerase chain reaction*) produktus attīrīja, izmantojot reaģentu komplektu QIAquick PCR Purification Kit® (Qiagen, Vācija) saskaņā ar ražotāja protokolu. Sekvenčēšanu veica Latvijas Valsts mežzinātnes institūtā “Silava”, izmantojot 1. tabulā norādītos praimerus.

1. tabula / Table 1

Pētījumā izmantotie praimeri
Primers used in the research

Primera sekvenca (5'-3')* / Primer sequence (5'-3')*		Metodikas avots / Sources and methods
ITS1F (F)	CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAA	Gardes, Bruns, 1993
ITS2 (R)	GCTGCGTTCTTCATCGATGC	White et al., 1990
ITS3 (F)	GCATCGATGAAGAACGCAGC	
ITS4 (R)	TCCTCCGCTTATTGATATGC	

* F – forward, R – reverse

Izolātiem, kuri pēc vizuālajām pazīmēm varēja būt *Truncatella angustata* (Pers.) S. Hughes, veica padziļinātu identificēšanu gan pēc ITS, gan pēc LSU, *tef-1α*, *tub2* un *rpb2* reģioniem, izmantojot praimerus:

- ITS identificēšanai – ITS1-F/ITS4,
- LSU identificēšanai – LR0R/LR5,
- *tef-1α* identificēšanai – EF728F/EF1-1567R,
- *tub2* identificēšanai – T1/Bt2b,
- *rpb2* identificēšanai – RPB2-5f2/RPB2-7cr.

Iegūtās sekvences identificēja līdz ģints līmenim, bet *Truncatella angustata* noteikšanai – arī līdz sugas līmenim. Sekvenču analīze veikta ar Lasergene 9.1

SegMan programmu (DNASTAR Inc.). Iegūtas pilnā garumā, tās salīdzinātas ar NCBI BLAST datu bāzē pieejamām sekvencēm.

Ķīmisko rādītāju izpēti un analīzi veica pirmajā pētījumā periodā. Kloniem izvērtēja ēterisko eļļu saturu, % un sastāvu, t.sk. karvakrola, timola un fenolisko monoterpēnu daudzumu. Papildus deskriptora pozīcijām, pirmajā pētījuma periodā pavasara ataugšanas fāzē svaigajām lapām noteica arī askorbīnskābes saturu.

Ēterisko eļļu satura un sastāva noteikšanu veica Varšavas Dabaszinātņu universitātes Dārzkopības fakultātes Dārzu un ārstniecības augu nodaļas laboratorijā, profesores Evas Osinskas vadībā. Analīžu veikšanai augus ievāca pilnziedēšanas fāzē un izkaltēja līdz gaissausajai masai, +26 °C temperatūrā, tumsā, nodrošinot nepārtrauktu ventilāciju, aptuveni 3 nedēļas, gatavību nosakot ar tausti – augi lūst, bet saglabā kaltētajai raudenei raksturīgu krāsu.

Pirms kaltētu paraugu izpētes Varšavas Dabaszinātņu universitātē klonus sagrupēja pēc ziedu (ziedlapu un brahteju) krāsas, atbilstoši grupējumam:

- ar tumšu ziedu krāsu (bordo krāsa, tumši violeta; kloni Nr. 3, 5, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 42);
- ar vidēji tumšu ziedu krāsu (rozā, gaiši violeta; kloni Nr. 2, 12, 17, 18);
- ar gaišu ziedu krāsu (balta, gaiši rozā; kloni Nr. 1, 4, 6, 7, 13, 28, 41, 43, 44, 45).

Tā kā pirmajā pētījuma periodā, kad veica ēterisko eļļu satura un sastāva izpēti, vēl nebija pieejama krāsu skala, paraugus grupēja vizuāli.

Ēterisko eļļu izdalīšana. Stikla tvertni ar 2 L tilpumu piepildīja ar gaissausu augu materiālu (50 g), savukārt ūdens daudzumu pievienoja tikpat, cik attiecīgi augu materiāls tika pielietots – arī 50 g. Sagatavoto stikla trauku ar samitrinātu paraugu ievietoja mikroviļņu krāsnī ar jaudu 300 W uz 30 minūtēm. Ēteriskās eļļas ekstrahēja un savāca 2 mL tumšā stikla flakonos uzglabāšanai 0-+4 °C tumsas apstākļos. Ēterisko eļļu saturs noteikts mL kg⁻¹ gaissausās masas.

Hromatogrāfiskā atdalīšana. Destilēto ēterisko eļļu analīze veikta ar gāzu hromatogrāfu Hewlett Packard 6890, aprīkotu ar liesmas jonizācijas detektoru FID un polāro kapilāro kolonnu HP 20M. Atdalīšanas apstākļu raksturojums: 2 minūtes nodrošināja sākotnējo temperatūru 60 °C, pēc tam temperatūra tika paaugstināta par 4 °C minūtē. Inžektora kameras temperatūra 5 minūtes bija 220 °C. Par nesējgāzi izmantoja hēliju (1.1 mL minūtē). Sākotnējā inžektora kameras temperatūra bija 210 °C, bet detektora – 260 °C. Sadalījums 1:70. Hromatogrāfijas kolonnā ēteriskās eļļas (0.1 µL) tika injicētas manuāli. Komponentus identificēja, pamatojoties uz modeļu aiztures laikiem (RT) un salīdzinot to aiztures indeksus (RI) ar n-alkānu sēriju (C7-C30), kas analizēti iepriekš aprakstītajos atdalīšanas apstākļos, pēc formulas:

$$RI = 100 \frac{tR'(x) - tR'(n)}{tR'(m) - tR'(n)} + 100n, \quad (1)$$

kur:

n – oglekļa atomu skaits mazākajā n -alkānā, eluējot pirms mērķsavienojuma;

$tR'(x)$ – mērķsavienojuma aiztures laiks;

$tR'(n)$ – n -alkāna aiztures laiks, kas eluē tieši pirms mērķsavienojuma;

$tR'(m)$ – n -alkāna aiztures laiks, izdaloties tūlīt pēc mērķsavienojuma.

Lai iegūtu atsevišķo savienojumu procentuālo daudzumu ēteriskajā eļļā, pielietoja normalizācijas metodi bez korekcijas koeficienta¹.

Askorbīnskābes saturs noteikšanu raudenes lapās veica pirmajā pētījuma periodā, 2012. – 2015. gadu veģetācijas sākumā (aprīlis–maijs), pavasara ataugšanas fāzē. Svaigajās lapās ar 1 cm diametra korķurbi izspieda diskus, tos sasmalcināja porcelāna pistā. 50 mL mēģenē tika iesvērti 2 g sasmalcinātā parauga. Katram paraugam pievienoja 50 mL 1% HCl un 5% H₃PO₄ maisījuma ($v:v=1:1$), visu rūpīgi samaisīja. Pēc 30 minūtēm šķīdumu filtrēja caur papīra filtru Nr. 89. Ar Mora pipeti tika atmērīti 10 mL filtrāta, ko titrēja ar 0.0005 molāru 2,6-dihlorfenolindolfenolu līdz vāji sārtai krāsai. Askorbīnskābes saturu aprēķināja pēc vienādojuma:

$$m = \frac{V_{\text{titr}} \times 0.044 \times V_{\text{kop}} \times 100}{V_{\text{anal}} \times m_{\text{iesvars}}}, \quad (2)$$

kur:

m – askorbīnskābes saturs, mg %;

V_{titr} – titrēšanai izlietotais 2,6-dihlorfenolindolfenola tilpums, mL;

0.044 – askorbīnskābes daudzums, ko reducē 1 mL 0.0005 M 2,6-dihlorfenolindolfenola šķīdums, mg;

V_{kop} – kopējais filtrāta tilpums, mL;

V_{anal} – titrēšanai ņemtais analizējamā šķīduma tilpums, mL;

miesvars – parauga iesvars, g.

Titrimetriskās analīzes veica divos atkārtojumos.

Klonu **integrēto novērtējumu** veica, lai atlasītu vēlamos genotipus pēc vairākiem kritērijiem, pat ja tie nav tieši salīdzināmi. Integrēto vērtējumu aprēķināja pēc formulas:

$$SD = \sum_{i=1}^N \omega_i (I_i - x_{\text{vid. i.}}) / s_d, \quad (3)$$

¹ *Standardization of essential oils*. [Tiešsaiste] [skatīts 2024. gada 17. decembrī]. Pieejams: <https://chromessence.com/en/standardization-of-essential-oils/>

kur:

SD – genotipu integrētā vērtējuma vērtība;

i – kvantitatīvā pazīme;

I_i – vēlamā pazīmes vērtība;

$x_{vid, i}$ – genotipu raksturojošās pazīmes faktiskā vērtība;

ω_i – pazīmes ieguldījuma koeficients;

S_d – standartnovirze;

N – pazīmju skaits.

Zemāka SD vērtība norāda uz to, ka genotipam pazīmes ir tuvāk vēlamajām.

Raudenes klonu piemērotību audzēšanai **komerstādījumos** vērtēja pēc 16 pazīmēm, tātad $N = 16 \times 2$ pētījuma periodi. Pazīmes sadalītas 4 grupās, iekavās sniegts pazīmju grupas ieguldījums, %.

- morfoloģija (ω_i 20%): stāvs habituss, auga augstums garāks par 50 cm, blīva zarošanās intensitāte (stumburu skaits lielāks par 100 stumbriem no auga), neliels internodiju skaits (mazāks par 5 no augšnes virsmas līdz pirmajam ziedojošajam dzinumam), ziedkopas garums (vismaz $\frac{1}{2}$ no kopējā dzinuma garuma), ziedkopas platums (vairāk nekā 10 cm plata), ziedu blīvums;
- fenoloģiskās pazīmes (ω_i 20%): ziedēšanas agrīnums (agrāk par jūlija 2. dekādi) vai vēlīnums (vēlāk par jūlija 3. dekādi – augusta sākumu) pakāpeniskajai ražas novākšanai, ziedēšanas ilgums garāks par 40 dienām;
- raža un ražas kvalitāte (ω_i 30%): zaļā masa (vairāk par 500 g no auga), gaissausā masa (vismaz 30% no zaļās masas), relatīvi lielāks ēterisko eļļu saturs un askorbīnskābes saturs;
- izturība pret nelabvēlīgiem apstākļiem (ω_i 30%): augsta ziemcietība (0–4% augu ir bojāti vai aizgājuši bojā), nav redzamu slimības un/vai fizioloģisko bojājumu simptomu un kaitēkļu radīto bojājumu.

Raudenes klonu piemērotību **daļdārzkopības vajadzībām** vērtēja pēc 13 pazīmēm, tātad $N = 13 \times 2$. Pazīmes sadalītas 4 grupās, iekavās sniegts pazīmju grupas ieguldījums, %:

- morfoloģija (ω_i 25%): izplests habituss, zems auga augstums (īsāks par 25 cm), neliels internodiju skaits (mazāku par 5 no augšnes virsmas līdz pirmajam ziedojošajam dzinumam), lapojuma un ziedu blīvums, unikāla ziedu krāsa (piemēram, balta);
- fenoloģiskās pazīmes (ω_i 20%): dažāds ziedēšanas laiks nepārtrauktās stādījuma dekorativitātes nodrošināšanai, ziedēšanas ilgums garāks par 40 dienām;
- raža un ražas kvalitāte (ω_i 20%): relatīvi lielāks ēterisko eļļu saturs, relatīvi lielāks fenolisko monoterpēnu saturs (norāda uz izteiksmīgu aromātu);

- izturība pret nelabvēlīgiem apstākļiem (ω_i 35%): augsta ziemcietība (0–4% augu ir bojāti vai aizgājuši bojā), nav redzamu slimības un/vai fizioloģisko bojājumu simptomu un kaitēkļu radīto bojājumu.

Raudenes klonu piemērotību **pārtikas vajadzībām** vērtēja pēc 9 pazīmēm, tātad $N = 9 \times 2$ pētījuma periodi. Pazīmes sadalītas 4 grupās, iekavās sniegts pazīmju grupas ieguldījums, %.

- morfoloģija (ω_i 15%): blīva zarošanās intensitāte (stumburu skaits lielāks par 100 stumbriem no auga), lapojuma blīvums, izteikti zaļš lapojums;
- fenoloģiskās pazīmes (ω_i 10%): agra pavasara ataugšana;
- raža un ražas kvalitāte (ω_i 40%): zaļā masa (vairāk par 500 g no auga), relatīvi lielāks askorbīnskābes saturs;
- izturība pret nelabvēlīgiem apstākļiem (ω_i 35%): augsta ziemcietība (0–4% augu ir bojāti vai aizgājuši bojā), nav redzamu slimības un/vai fizioloģisko bojājumu simptomu un kaitēkļu radīto bojājumu.

Lai kloniem nodrošinātu **kompleksu novērtējumu**, balstoties uz svarīgākajiem morfoloģiskajiem, ķīmiskajiem, agronomiskajiem un ekonomiskajiem rādītājiem, kā arī no vides risku pozīcijām, no visām deskriptora pazīmēm atlasīja 21 pazīmes grupu ar svarīgākajām pazīmēm no saimnieciskā viedokļa. Pazīmes: stāva augšanas forma (habitus), augsts augu augstums, liela zarošanās intensitāte, neliels internodiju skaits, biezs lapojums, gara ziedkopa, plata ziedkopa, liela ziedu biežība, liels braheju pāru skaits, garš ziedēšanas periods, agrs ziedēšanas sākums, vēls ziedēšanas sākums, salīdzinoši augstāka dziedermatiņu pārklājuma biežība uz dažādām auga daļām, liels zaļās masas iznākums, liels gaissausās masas iznākums, augsta ziemcietība, slimības simptomu, kaitēkļu radīto bojājumu vai fizioloģisko bojājumu neesamība, salīdzinoši augstāks askorbīnskābes saturs, salīdzinoši augstāks ēterisko eļļu saturs, salīdzinoši augstāks karvakrola un/vai timola saturs, salīdzinoši augstāks fenolisko monoterpēnu saturs.

Meteoroloģisko apstākļu raksturojums

Meteoroloģiskie dati apkopoti par visu pētījuma periodu no 2011. decembra līdz 2020. novembrim. Gaisa temperatūras raksturošanai līdz 2020. gada aprīlim izmantoja portatīvā USB reģistra MicroLite datus (novietots 0.7 m augstumā no augsnes virskārtas), savukārt 2020. gada veģetācijas periodam (aprīlis–novembris) izmantoja EL-USB-2-LCD+ logera (novietots 1 m augstumā no augsnes virskārtas) datus. Nokrišņu daudzuma, kā arī ilggadīgo novērojumu datus (turpmāk – norma) apkopoja no Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centra informācijas sistēmas.

Pirmais pētījuma periods. 2012. gads bija viens no vēsākajiem 21. gadsimtā, šī gada aukstākais mēnesis bija februāris, savukārt novembris bija

siltāks par normu, gads bija nokrišņiem bagāts. 2013. gads bija siltāks un sausāks par normu. 2014. gadā visi mēneši, izņemot jūniju, bija siltāki par normu. Jāatzīmē, ka janvāris sākās ar netipiski siltu laiku, bet mēneša otrajā dekādē temperatūra lielākoties bija līdz pat 10 °C zem normas, Zemgalē novēroja kailsalu. Marts bija netipiski silts, 4.7 °C virs normas, savukārt jūnijs – par 0.9 °C aukstāks par normu. Nokrišņu daudzums 2014. gadā pielīdzināms 107% no normas. 2015. gada pirmie trīs mēneši bija siltāki par normu, savukārt maijs un jūnijs bija raksturīgi ar vidējo gaisa temperatūru zemāku par normu. Jūlijs iesākās ar karstumu virs +30 °C, bet mēneša 2. un 3. dekādes bija vēsākas par normu. Augustā un septembrī bija novērots karstuma vilnis, bet oktobris bija 1.3 °C vēsāks par normu. Nokrišņu ziņā 2015. gads pielīdzināms 92% no normas.

Otrais pētījuma periods. 2016. gads bija siltāks par normu (izņemot janvāri). Nokrišņu summa 2016. gadā bija raksturīga kā augstāka par normu, ar nokrišņiem visbagātākie mēneši bija augusts un jūlijs, savukārt vissausākais – aprīlis. 2017. gadā vidējā gaisa temperatūra bija par 0.5 °C virs normas, bet vairāki mēneši bija vēsāki par ilggadīgajiem novērojumiem. Gada pirmie trīs mēneši bija siltāki par normu, savukārt periods no aprīļa līdz jūlijam – vēsāks par normu. Nokrišņu ziņā pirmais pusgads bija sausāks par normu, bet otrais pusgads bija mitrāks par normu. Oktobris kļuva par 6. mitrāko oktobri kopš 1924. gada. 2018. gads kļuva par 3. siltāko novērojumu vēsturē. Jelgavā tika fiksēts tropisko nakšu (ar minimālo gaisa temperatūru augstāku par +20 °C) skaita rekords. 2018. gads Latvijā bija sausākais gads kopš 1924. gada, kopējais gada nokrišņu daudzums raksturojams kā mazākais novērojumu vēsturē. 2019. gads vidējās gaisa temperatūtas ziņā bija vissiltākais kopš 1924. gada, bet gadam bija raksturīgi arī minimālās gaisa temperatūras rekordi – 6. maijā, kā arī 12. un 13. jūlijā. Nokrišņu daudzums bija 9% zem gada normas.

Trešais pētījuma periods – 2020. gads – vidējās gaisa temperatūras ziņā kļuva par siltāko gadu kopš 1924. gada. 2019./2020. gada ziema un 2020. gada rudens bija vissiltākie novērojumu vēsturē. Pavasara sākums bija siltāks par normu, bet aprīlī un maijā kopumā tikai viena dekāde bija siltāka par normu – aprīļa sākums. No vasaras mēnešiem siltākais bija jūnijs. Nokrišņu daudzums 2020. gadā bija par 7% mazāks nekā norma. Jelgavā 2020. gada ziema ir bijusi pirmā ziema vismaz pēdējos 60 gados bez sniega segas. Visi vasaras un rudens mēneši bija sausāki par normu.

Apkopojot datus par meteoroloģiskajiem apstākļiem visā pētījumu periodā, jāsecina, ka otrais pētījuma periods (2016.–2019.) raksturojams kā karsts un sauss, kas varēja negatīvi ietekmēt raudenes augšanas un attīstības rādītājus. Zinātniskajā literatūrā par turku oregano *O. onites* L. minēts, ka gaisa temperatūra veģetācijas periodā no +20 līdz +30 °C pozitīvi ietekmē produktivitāti. Pēc poļu zinātnieku datiem, mitruma daudzums ap 600 mm (līdz 300 mm ar nokrišņiem, ap 300 mm ar papildus laistīšanu) optimāli ietekmē *O. vulgare* produktivitāti. Salīdzinot ar šiem datiem, promocijas darbā apkopotie meteoroloģiskie dati liecina, ka visā pētījuma laikā katru gadu

veģetācijas periodā laikapstākļi nebija optimāli vai nu pārāk zemo temperatūru dēļ (piemēram, visos pētījuma gados vidējā gaisa temperatūra vasaras periodā bijusi zemāka par +19 °C), vai nu nokrišņu nepietiekamības dēļ (2013., 2015., 2018. un 2019. gados nokrišņu daudzums vasaras periodā bijis mazāks par 200 mm).

Lai objektīvāk izvērtētu laikapstākļu ietekmi uz ziedēšanas sākuma un pilnziedēšanas iestāšanos, kloniem aprēķināja augšanas grādu dienas (*Growing degree days*, GDD), tās rēķināja pēc formulas, turpmāk summējot attiecīgajam periodam:

$$GDD = \sum \frac{(T_{max} + T_{min})}{2} - T_{base}, \quad (4)$$

kur:

T max – vidējā dienas maksimālā temperatūra;

T min – vidējā dienas minimālā temperatūra;

T base – bāzes temperatūra (+5 °C).

GDD rādītāju rēķināja katram gadam, no veģetācijas atsākšanas līdz ziedēšanas sākumam, kā arī līdz pilnziedēšanas fāzei, atkarībā no gada, t.i.:

- no aprīļa otrās dekādes (2018. gads);
- no aprīļa trešās dekādes (2012., 2014., 2019. gadi);
- no maija pirmās dekādes (2013., 2016. gadi);
- no maija otrās dekādes (2017. gads);
- no maija pēdējās dekādes (2015. gads).

Datu matemātiskā apstrāde

Pētījumā iegūtie dati statistiski apstrādāti, izmantojot *Microsoft Office Excel* datorprogrammu. Starpības starp variantiem noteica ar dispersijas analīzi pie būtiskuma līmeņa $\alpha=0.05$.

Sakarību ciešumu aprēķināja pēc Pīrsona (*Pearson*) korelācijas analīzes metodes (ordinālā skala veiktajiem mērījumiem) vai Spīrmena (*Spearman*) korelācijas analīzes metodes (neparametrisku vai kvalitatīvu pazīmju salīdzināšanai), izmantojot SPSS 17.0.

Lai sagrupētu klonus pēc konkrētajām pazīmēm, veica klāsteru analīzi. Balstoties uz iepriekš izstrādātās korelācijas analīzes rezultātiem un sagrupējot klonus pēc pazīmju kompleksiem ar vismaz vidēji ciešo korelāciju starp šīm pazīmēm, veica klāsteru analīzi, izmantojot SPSS 17.0. Izveidotās klāsteru dendrogrammas ļauj spriest, vai klonu sadalījums grupās pēc konkrētā pazīmju kompleksa saistīts ar ģeogrāfisko izcelšanos (klonu ievākšanas vietu).

Deskriptora metodikas precizēšana

Raudenes deskriptora metodikas precizēšanu veica atbilstoši klonu aprakstīšanas gaitā konstatētajam informācijas iztrūkumam pazīmju vērtēšanā vai citām neprecizitātēm, kā arī balstoties pēc citos deskriptoros ietvertās noderīgas informācijas, kas būtu iekļaujama arī raudenes deskriptorā.

REZULTĀTI

Morfoloģiskie rādītāji

Augu un stumbru raksturojums. Pirmajā un otrajā pētījuma periodos stāvs habituss bija raksturīgs astoņpadsmit kloniem: Nr. 2, 6, 13, 15, 16, 19, 21, 22, 24, 29, 30, 31, 33, 34, 36, 37, 40 un 41. Izplesta augšanas forma bija raksturīga kloniem Nr. 4, 17 un 35, kas var būt kā nozīmīgs faktors auga izvēlei no dekoratīvā viedokļa. Pārējie divdesmit trīs kloni bija ar pusstāvu habitusu.

Divu pētījuma periodu laikā, 2., 3. un 4. audzēšanas gados, augiem uzrādot maksimālo augstumu, septiņpadsmit klonus Nr. 2, 9, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 23, 24, 29, 38, 39, 40, 41, 43 un 45 raksturoja kā augstus augus (augstums lielāks par 50 cm). Vidējais rādītājs pa pētījuma periodiem bija: pirmajā – 66.5 cm, otrajā – 64.8 cm. Otrajā pētījumu periodā augiem novēroja vidēji par 1.7 cm zemāku augstumu nekā otrajā pētījuma periodā, kas var būt izskaidrojams ar to, ka 2016.–2019. gados bija karstāki un sausāki laikapstākļi, salīdzinot ar 2012.–2015. gadu periodu. Pierādījās gan klona, gan audzēšanas gada būtiska ietekme uz augu augstumu ($p < 0.05$). Visos pētījuma gados minimālo augstumu saglabāja klons Nr. 11, kas var būt rekomendējams audzēšanai kā miniatūraugs.

Pēc vidējā stumbru skaita no auga, kloni Nr. 3, 17 un 19 izceļas ar stabili lielu stumbru skaitu – vairāk par 200 gab. no auga. Vidējais rādītājs pa pētījuma periodiem bija: pirmajā – 123, bet otrajā – 107 stumbri. Arī šim rādītājam bija raksturīgs tas, ka otrajā pētījumu periodā augiem novēroja mazāku stumbru skaitu nekā pirmajā pētījuma periodā. Abos pētījuma periodos blīvs zarojums (vairāk nekā 100 stumbri no viena auga) otrajā, trešajā un ceturtajā audzēšanas gados bija raksturīgs divdesmit kloniem. Pierādījās gan klona, gan audzēšanas gada būtiska ietekme uz zarošanās intensitāti ($p < 0.05$).

Stumbra apmatojumu ar vienkāršajiem matiņiem abos pētījuma periodos pēc vizuālajām atšķirībām visiem kloniem novērtēja kā blīvi pārklātu. Tomēr, mikroskopēšanas rezultātā 2020. gadā secināja, ka vidēji blīvi apmatoti stumbri raksturīgi kloniem Nr. 2, 9, 13, 23, 24, 25, 27, 28 un 43, savukārt pārējiem kloniem raksturīgs blīvs pārklājums. Stumbru krāsu vērtēja pēc RHS krāsu skalas, augiem izšķīra divas zaļās krāsas grupas – zaļo un dzelteni-zaļo, kopā kloniem konstatēja 10 dažādus stumbru krāsas kodus.

Abos pētījuma periodos neliels internodiju skaits (mazāks par 5 internodijiem no augsnes līmeņa līdz pirmajam ziedojošajam dzinumam) bija raksturīgs tikai kloniem Nr. 6, 7, 12, 15 un 30.

Lapu raksturojums. Pēc lapojuma blīvuma visos pētījuma gados raudenes kloniem nebija konstatēts rets lapojums. Blīvs lapojums bija raksturīgs kloniem Nr. 2, 3, 9, 14, 18, 19, 23, 24, 26, 27, 39, 40, 42, 43 un 45. Pārējiem kloniem novēroja vidēji blīvu lapojumu. Turklāt pēc kaltēšanas visiem kloniem konstatēja lapu nenoturību pie stumbriem. Pēc lapas plātnes krāsas raudenes kloniem izšķīra divas zaļās krāsas grupas, identiskas stumbra krāsas grupām, zaļo un dzeltenī-zaļo, kā arī 14 krāsas kodus. Aprēķinot attiecību starp garumu un platumu lapas plātnei, novēroja, ka kloniem ar iegarenām lapām attiecība bija 3:1 (32. klons), 5:1 (28. klons) un pat 12:1 (27. klons), pārējiem kloniem ar citām lapas plātnes formām attiecība bija 2:1. Pēc lapu plātnes formas, ieapaļu formu konstatēja kloniem Nr. 22, 33 un 38, iegarenu jeb lancetisku – kloniem Nr. 16, 20, 21, 26, 27, 28, 32, 39. Klonam Nr. 5 uz viena stumbra novēroja gan ieapaļas, gan olveidīgas lapas plātnes, tāpēc apgalvojums, ka raudenēm (atkarībā no klona) raksturīga tikai viena konkrēta lapas plātnes forma būtu subjektīvs. Klonam Nr. 42 bija raksturīga sirdsveida lapas plātnes forma, kas nav minēta deskriptora metodikā. Novēroja, ka visbiežāk sastopamās lapas plātnes formas bija olveidīga un rombveida, turklāt starp kloniem šo abu formu sastopamība ir praktiski vienādā attiecībā. Uz lapas plātnes dzīslām vienkāršos matiņu konstatēja tikai kloniem Nr. 14 un 40, bet to pārklājums bija rets.

Ziedkopu raksturojums. Raudenes kloniem izšķīra četras ziedlapu krāsu grupas un 23 krāsas kodus. Klonam Nr. 4 konstatēja balto ziedlapu krāsu (nav minēta RHS krāsu skalā). Pēc kauslapu krāsas, kloniem izšķīra divas krāsu grupas un sešpadsmit krāsas kodus (deskriptors ietver tikai piecus).

Kloniem Nr. 20 un 32 konstatēja, ka kauslapām ir divas krāsas. Visiem kloniem novēroja, ka ziedlapas ir nedaudz garākas par kauslapām. Visi apskatītie ziedkausi piederēja pie cauruļveida tipa, bet ziedkausa forma visiem kloniem definēta kā zobveida.

Aprakstot brahteju (pieziedlapu) formu, visiem kloniem konstatēja citu, deskriptorā nedefinēto – rombveida – formu. Visiem kloniem brahtejas bija aptuveni divreiz garākas par ziedkausu. Jāpiebilst, ka visā pētījuma periodā brahteju skaits pa kloniem nemainījās, kas norāda uz pazīmes iedzimstošo vērtību. Liels brahteju pāru skaits (vismaz 5 pāri), bija raksturīgs vienpadsmit kloniem:

- 2 pāri: Nr. 1, 10, 14, 43;
- 3 pāri: Nr. 2, 3, 7, 9, 11, 17, 19, 24, 25, 27, 28, 29, 33, 38, 40;
- 4 pāri: Nr. 4, 6, 12, 13, 15, 18, 21, 22, 26, 32, 35, 36, 42, 45;
- 5 pāri: Nr. 5, 20, 23, 31, 37, 39, 44;
- 6 pāri: Nr. 30, 34, 41;
- 7 pāri: Nr. 16.

Pastāv viedoklis, ka, jo lielāks ir brahteju pāru skaits, jo ilgāks var būt ziedēšanas periods, bet pētījuma laikā šis apgalvojums neapstiprinājās.

Minimālo brahteju garumu (3 mm) konstatēja kloniem Nr. 5, 9, 12, 45, bet maksimālo (5 mm) – kloniem Nr. 17, 23, 37. Pārējiem kloniem brateju garums bija robežās no 3.5 līdz 4 mm. Vienkāršie matiņi bija izteikti visiem kloniem uz brahteju ārējās un iekšējās virsmas, bet pārklājums bija rets.

Komercestādījumos, izvērtējot klonu produktivitāti, jāpievērš uzmanība auga produktīvās daļas – ziedkopas garuma un platuma – parametriem. Jo garāka un platāka ir ziedkopa, jo produktīvāks ir konkrēts raudenes klons. Novērots, ka pirmajā pētījuma periodā augi veidoja garākas un platākas ziedkopas nekā otrajā pētījuma periodā (līdzīga tendence novērojama arī augu augstumam). Starp visiem kloniem vidējie rādītāji garumam un platumam 1. pētījuma periodā bija 19.73 cm un 11.92 cm, attiecīgi 2. pētījuma periodā – 16.90 cm un 10.41 cm. Par iemeslu atšķirībām var minēt meteoroloģiskos apstākļus, jo 2016.–2019. gadi bija raksturīgi karstāki un sausāki laikapstākļi, nekā 2012.–2015. gados. Datu statistiskā analīze pierādīja gan klona, gan audzēšanas gada būtisku ietekmi uz klonu ziedkopu garumu ($p < 0.05$), bet uz platumu tā nebija būtiska ($p > 0.05$).

Lielāka daļa kolekcijas klonu raksturojās ar blīvu un vidēji blīvu ziedu blīvumu. Tikai astoņiem kloniem ziedu blīvums bija rets (Nr. 6, 15, 16, 18, 20 un 22) un ļoti rets (Nr. 36, 37), tāpēc šie kloni nav rekomendējami audzēšanai komerciālās ražas ieguvei.

Piecpadsmit raudenes kloniem ziedēšanas periods bija vairāk nekā 40 dienu ilgs. Tiem pašiem kloniem ar ziedēšanas periodu ilgāku par 40 dienām novēroja agru (Nr. 32), vidēji vēlu (Nr. 6, 10, 11, 13, 14, 18, 29, 30 un 31) un vēlu (Nr. 1, 2, 19, 42, 44) ziedēšanu.

Lai dziļāk izprastu meteoroloģisko apstākļu ietekmi uz ziedēšanas sākumu un pilnziedēšanu, izrēķināja augšanas grādu dienu summas (GDD). Secināja, ka pa gadiem rezultāti ziedēšanas sākumam atšķīrās. Ja ziedēšanas sākumu novēroja jūnija 2. dekādes beigās – 3. dekādē, GDD variēja no 121.8 (2017. gads) līdz 332.9 (2019. gads). Ziedēšanas sākumam jūlija 1. dekādē GDD variācija bija no 133.2 (2012. gads) līdz 133.5 (2015. gads), savukārt jūlija 2. dekādē – no 200.7 (2015. gads) līdz 405.6 (2019. gads). Augšanas grādu dienu summas ietekme uz pilnziedēšanu pa gadiem arī atšķīrās: ja pilnziedēšanu novēroja jūlija 1. dekādē, GDD variēja no 201.0 (2014. gads) līdz 402.1 (2013. gads), 2. dekādē – no 216.9 (2015. gads) līdz 280.5 (2012. gads), 3. dekādē – no 294.2 (2017. gads) līdz 532.5 (2019. gads), savukārt 2019. gadā pilnziedēšana bija novērota arī 4. augustā (542.45 GDD). Var secināt, ka klonu sadalījums pēc uzkrāto GDD summas ir nevienmērīgs, ko var izskaidrot ar kompleksu meteoroloģisko apstākļu (gaisa temperatūra un mitrums) ietekmi uz veģetācijas atjaunošanu, klonu pavasara ataugšanu un fenoloģisko fāžu iestāšanos. Minimālais GDD rādītājs ziedēšanas sākumā bija 121.8 (2017. gads), bet pilnziedēšanā – attiecīgi 201.0 (2014. gads). Maksimālais GDD rādītājs ziedēšanas sākumā bija 405.6 (2012. gads), bet pilnziedēšanas fazē 542.45 (2019. gads).

Pētījuma laikā secināja, ka raudenes kloniem objektīvi dziedzermatiņu izpētes rezultāti iespējami tikai pielietojot mikroskopēšanu. Tās rezultātā konstatēja, ka neskatoties uz šķietamu vizuālu biezu apmatojumu kloniem, dziedzermatiņu (nevis vienkāršo matiņu) sastopamība uz dažādām augu daļām raksturīga kā reta. Aprēķinot vidējo dziedzermatiņu skaitu uz 1 mm², rezultāti bija:

- 1.41 uz stumbra;
- 2.81 uz lapas plātnes augšējās virsmas;
- 2.31 uz lapas plātnes apakšējās virsmas;
- 3.65 uz ziedkausa ārējās virsmas;
- 0.37 uz brahteju ārējās virsmas;
- 0.75 uz brahteju iekšējās virsmas.

Salīdzinot paraugus secināja, ka vislielākā dziedzermatiņu koncentrācija sastopama uz ziedkausa ārējās virsmas. Starp kloniem netika konstatēta būtiska atšķirība pēc dziedzermatiņu skaita ($p > 0.05$).

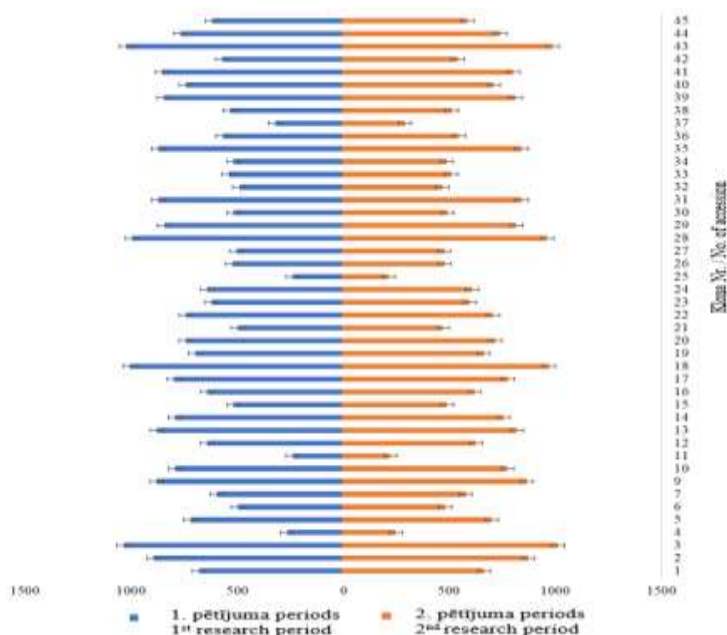
Sēkļu raksturojums. Raudenes kloniem 1000 sēkļu masa variēja no 0.05 līdz 0.3 g. Pēc sēkļu krāsas kloniem izšķīra divas krāsu grupas, septiņus krāsu nosaukumus un astoņus krāsas kodus. Literatūrā visbiežāk min gaiši pelēku vai brūnganu sēkļu krāsu, kas kopumā atbilst arī Latvijas radītājiem.

Klonu vērtējums

Latvijas kloniem vidējā zaļā masa abos pētījuma periodos, g no auga, viengadīgajiem augiem bija 28.14 g, divgadīgajiem – 108.65 g, trīsgadīgajiem – 375.45 g, četrgadīgajiem – 656.50 g.

Kumulatīva (summārā) zaļā masa raudenes kloniem (1. att.) otrajā pētījuma periodā bijusi mazāka nekā pirmajā pētījuma periodā, pa kloniem atšķirības bija no 0.46 līdz 7.05%, kas var būt saistīts ar karstākiem un sausākiem laikapstākļiem, kā arī iespējamu novecošanos, augus pavairojot tikai veģetatīvi. Kloniem otrajā pētījuma periodā novēroja arī zemāku augstumu. Kā produktīvākos var atzīmēt klonus Nr. 3 un 43, to kumulatīvā zaļā masa bija augstāka par 1000 g no auga. Kloniem Nr. 2, 13, 18, 28, 29 un 31 tā bija virs 800 g un svārstījās no 835 līdz 997 g no auga. Visos audzēšanas gados abos pētījuma periodos kloni Nr. 4, 11, 25 un 37 saglabāja minimālu zaļo masu, turklāt klonam Nr. 4 visā pētījuma laikā bija novērots viszemākais augstums, kā arī visīsākās ziedkopas. Visos pētījuma gados meteoroloģiskie apstākļi nebija optimāli zaļās masas veidošanai. Pierādījās klona un audzēšanas gada būtiska ietekme uz kumulatīvu ražu ($p < 0.05$).

Pēc gaissausās masas kā produktīvākos raudenes klonus var atzīmēt divpadsmit klonu grupu ar vidējo gaissauso masu no 101 līdz 150 g no auga (2. tab.). Šajā grupā ietilpst arī kloni Nr. 3 un 43 (vislielākā zaļā masa), kā arī lielāka daļa no klonu grupas ar zaļo masu virs 800 g, izņemot Nr. 13 un 31.



1. att. Kumulatīva zaļā masa raudenes kloniem atkarībā no pētījuma perioda, g no auga

1. pētījuma periods: 2012. –2015. gadi, 2. pētījuma periods: 2016. –2019. gadi

Fig. 1. Cumulative fresh biomass of oregano accessions depending on research period, g per plant

1st research period: 2012–2015 yy., 2nd research period: 2016–2019 yy.

Otrajā pētījuma periodā arī gaissausā masa bijusi mazāka par 2 – 29.52% nekā pirmajā pētījuma periodā.

2. tabula / Table 2

Raudenes klonu atšķirības pēc vidējās gaissausās masas, g no auga (vidēji 2012. –2020. gados)

Differences in average air-dry biomass of oregano accessions, g per plant (in averages 2012–2020 yy.)

Masa, g / mass, g	Klonu Nr. / No. of accessions
25–40	6, 11, 25, 27, 37
41–50	1, 4, 7, 45
51–100	5, 9, 10, 13, 15, 16, 19, 20–22, 26, 30–36, 38–42
101–150	2, 3, 12, 14, 17, 18, 23, 24, 28, 29, 43, 44

Sēņu ierosināto slimību, fizioloģisko bojājumu un kaitēkļu attīstības izvērtējums kloniem. Pētījuma laikā tikai pirmajā audzēšanas gadā (2012. un 2016. gados) augiem visā veģetācijas periodā nebija novēroti sēņu ierosināto slimību un/vai fizioloģisko bojājumu simptomi. Pirmajā un otrajā pētījuma periodos otrajā (2013. un 2017. gadi), trešajā (2014. un 2018. gadi) un ceturtajā (2015. un 2019.) audzēšanas gados novēroja, ka līdz pumpurošanās fāzei slimību un/vai fizioloģisko bojājumu simptomi nebija novēroti (0 balles), ziedēšanas sākumā un pilnziedēšanas fāzē attīstības pakāpe sasniedza 1 balli (līdz 25% auga virsmas ir ar vizuāli redzamiem simptomiem), bet no ziedēšanas beigām līdz sēklu gatavošanās fāzei attīstības pakāpe pieauga no 2 līdz 3 ballēm (attiecīgi (26–50% un 51–95% auga virsmas ir ar vizuāli redzamiem simptomiem)).

Veicot papildu izpēti 2020. gadā, augiem turpinot veģetāciju 5. audzēšanas gadā, ziedēšanas sākumā slimību un/vai fizioloģisko bojājumu attīstības pakāpi novērtēja ar divām ballēm (26-50% auga virsmas ir ar vizuāli redzamiem simptomiem), bet sēklu gatavošanās fāzē – ar 4 ballēm (96-100% augu ir ar vizuāli redzamiem simptomiem). Jāpiebilst, ka iepriekšējos pētījuma periodos 4 balles konstatēja tikai 2014. un 2019. gados (attiecīgi 3. un 4. audzēšanas gados), turklāt tikai stumbru atmiršanas laikā.

Padziļinātais pētījums par sastopamo sēņu identificēšanu veikts 2020. gadā. ITS sekvenču analīze uzrādīja līdzību no 92 līdz 99% ar NCBI (*National Center for Biotechnology Information*) GenBank datu bāzē aprakstītajiem paraugiem. Sastopamās ģintis bija *Alternaria*, *Epicoccum* un *Phoma* (attiecīgi 36%, 25% un 11% no visām izolētajām sēnēm). Konstatēja arī *Mucor*, *Botrytis*, *Stemphylium* *Chaetosphaeronema* ģintis un neidentificētas sēnes no *Ascomycota* nodalījuma. Pirmo reizi Latvijā konstatēja *Truncatella angustata* uz *Origanum vulgare* L., pētījumā iegūtās sekvences reģistrēja NCBI datubāzē ar numuriem: OK482717 (ITS), OK482718 (LSU), OK482721 (*tef1-a*), OK482720 (*β-tub*) and OK482719 (*rpb2*).

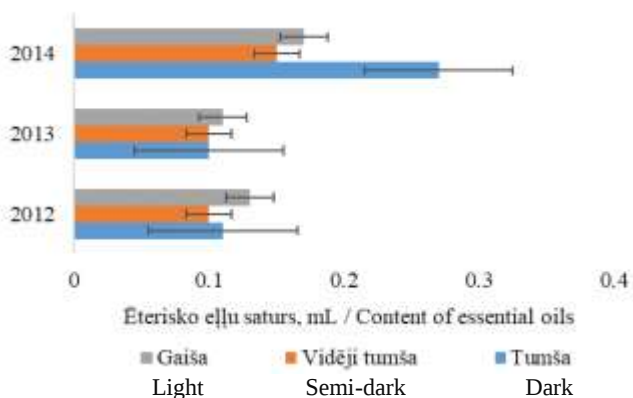
Visā pētījuma periodā (no 2012. līdz 2020. gadam) no pavasara ataugšanas līdz stumbru atmiršanai visiem kloniem bija satopami cikādīšu dzimtas (Cicadellidae) sugu radīti lapu bojājumi, bet pa gadiem bojājumu pakāpe nepārsniedza 2 balles (26–50% auga virsmas ir ar vizuāli redzamiem kaitēkļu radītajiem bojājumiem). Retos gadījumos (2013. un 2016. gads), dažiem kloniem pumpurošanās fāzē novēroja kukaiņu (sugas neizdevās fiksēt) radītus lapu bojājumus (grauzumi), bet bojājumu pakāpe nebija būtiska – līdz 1%.

Raudenes klonu ziemcietība. Neraugoties uz dažādiem meteoroloģiskajiem apstākļiem, kā arī uz novērotajiem sēņu ierosināto slimību un/vai fizioloģisko bojājumu simptomiem, kā arī kaitēkļu bojājumiem, visa novērojumu periodā, visos gados raudenes klonu ziemcietība bija ļoti augsta (bojāti 0–1% augu vai to daļu). Promocijas darba izstrādes laikā veiktie novērojumi apliecina, ka sausā pavasara gadījumā bija nepieciešams nodrošināt klonu papildus laistīšanu augšanas atsākšanai.

Raudenes klonu ķīmisko rādītāju izpēte. Promocijas darba ietvaros klonus sagrupēja pēc ziedu (ziedlapu un brahteju) krāsas (vizuāli), lielākoties vadoties pēc brahteju krāsas. Tā kā pirmajā pētījuma periodā, vēl nebija pieejama krāsu skala, paraugus grupēja vizuāli. Jāpiebilst, ka deskriptors neparedzēja dziedzermatiņu izpēti uz ziedlapām. Paraugu grupējums bija:

- ar tumšu ziedu krāsu (bordo krāsa, tumši violeta; kloni Nr. 3, 5, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 42);
- ar vidēji tumšu ziedu krāsu (rozā, gaiši violeta; kloni Nr. 2, 12, 17, 18);
- ar gaišu ziedu krāsu (balta, gaiši rozā; kloni Nr. 1, 4, 6, 7, 13, 28, 41, 43, 44, 45).

Rezultāti parādīja, ka raudenes kloni nav bagāti ar ēteriskajām eļļām – vidējais saturs gaissausajai raudenei trīs izmēģinājuma gados bija 0.13 mL kg^{-1} gaissausās masas (2. att.).



2. att. Ziedu krāsas un audzēšanas gada ietekme uz ēterisko eļļu saturu raudenes kloniem, mL kg^{-1} gaissausās masas

Fig. 2. The influence of flowers' colour and year on the average content of essential oils for oregano accessions, mL kg^{-1} air-dry biomass

Vidēji augstāko ēterisko eļļu daudzumu novēroja kloniem ar tumšas krāsas ziedlapām, kaut gan šo rādītāju būtiski ietekmējuši tieši 2014. gada laikapstākļi. Gan ziedu krāsai, gan audzēšanas gadam konstatēja būtisku ietekmi uz ēterisko eļļu saturu ($p < 0.05$). Zems ēterisko eļļu saturs raudenes paraugiem izskaidrojams ar minimālu dažādu auga daļu pārklājumu ar dziedzermatiņiem.

Pēc komponentu satura ar lielāku procentuālo īpatsvaru ēteriskajās eļļās, Latvijas raudenes kloniem izšķīra 16 ķīmiskos savienojumus (3. tab.). Kariofilēna oksīds, β -kariofilēns, spatuneols, germakrēns D un linalools definējami kā nozīmīgākie, tie norāda uz raudenes nomierinošo ietekmi uz cilvēka organismu. Latvijas raudene nav bagāta ar karvakrolo un/vai timolu, tā ir pieskaitāma seskviterpēnu tipam.

Raudenes klonu ziedu krāsas un audzēšanas gada ietekme uz ēterisko eļļu komponentu saturu, %

The influence of flowers` colour and year on compounds of oregano essential oils, %

Komponents / Compound	Tumšās krāsas ziedi, n=30 / Dark flowers` colour, n=30			Vidēji tumšās krāsas ziedi, n=4 / Semi-dark flowers` colour, n=4			Gaišās krāsas ziedi, n=10 / Light flowers` colour, n=10		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
limonēns / <i>limonene</i>	0.37	0.44	0.49	0.24	-	-	1.10	1.20	1.22
β -felandrēns / <i>β-phellandrene</i>	2.35	3.31	3.33	2.13	-	1.18	5.78	7.12	6.11
1,8-cineols / <i>1,8-cineole</i>	-	-	-	0.61	-	-	3.35	1.98	3.61
γ -terpinēns / <i>γ-terpinene</i>	0.29	-	-	0.32	-	-	2.66	2.23	0.85
ρ -cimēns / <i>ρ-cymene</i>	3.52	3.08	3.96	2.33	-	1.41	5.39	8.70	4.93
linalools / <i>linalool</i>	4.47	3.28	3.26	6.47	0.93	1.16	8.87	5.38	5.65
β -kariofilēns / <i>β-caryophyllene</i>	5.22	5.52	13.08	4.85	12.28	1.59	7.76	6.94	8.41
α -terpineols / <i>α-terpineol</i>	2.09	2.44	3.09	2.26	1.30	1.62	2.16	2.35	2.42
borneols / <i>borneol</i>	0.40	0.37	0.28	0.96	0.26	0.24	1.78	0.96	0.37
germakrēns D / <i>germacrene D</i>	4.98	4.51	0.87	6.85	9.92	-	5.63	6.00	5.96
γ -kadinēns / <i>γ-cadinene</i>	0.54	0.54	0.91	0.80	0.97	0.77	1.22	1.07	1.42
kariofilēna oksīds / <i>caryophyllene oxide</i>	23.58	25.69	15.53	16.73	27.19	30.30	11.23	12.30	9.92
spatuneols / <i>spathulenol</i>	5.22	5.55	7.49	5.32	5.47	6.97	3.09	3.59	3.13
eugenols / <i>eugenol</i>	2.28	2.58	1.28	1.16	0.86	2.06	1.25	1.02	0.67
timols / <i>thymol</i>	0.84	0.59	-	2.39	1.05	-	1.71	0.59	0.27
karvakrols / <i>carvacrol</i>	1.20	1.03	1.27	0.67	1.92	2.54	1.75	1.65	1.88

Pēc 3. tabulas datiem var secināt, ka gaišās krāsas ziedos ir lielāks limonēna, β -felandrēna, 1,8-cineola, γ -terpinēna, ρ -cimēna, linaloola, β -kariofilēna, α -terpineola, borneola saturs. Lielāks kariofilēna oksīda un spatuneola saturs bija novērojams tumšās krāsas ziediem. Tas apstiprina apgalvojumu, ka raudenēm ziedu krāsa ietekmē ēterisko eļļu sastāvu. Visiem

paraugiem lielāks timola saturs bija raksturīgs 2012. gadā, savukārt karvakrola – 2014. gadā.

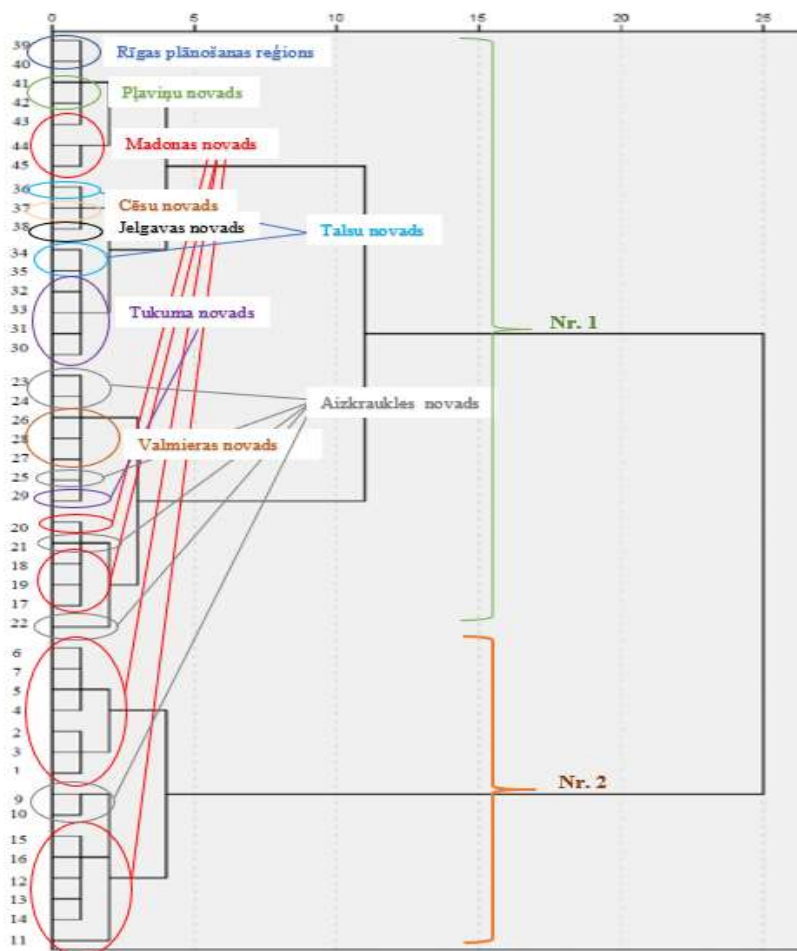
Četros pētījuma gados vidējais askorbīnskābes saturs veģetācijas perioda sākumā (aprīlī–maijā) svaigas raudenes lapās bija 11.76 mg % (7.79 mg % 2012. gadā, 12.66 mg % 2013. gadā un 14.82 mg % 2014. gadā un 14.79 mg % 2015. gadā). Augstāko rādītāju novēroja 2013. gadā 26. klonam (26.88 mg %), bet viszemāko – 2014. gadā 27. klonam (1.62 mg %). Visā pētījuma periodā (2012.–2015. gadi) visaugstākos rādītājus (>15 mg %) novēroja kloniem Nr. 5, 10, 12, 26, 37, 38, 42 un 44, viszemākos (<7 mg %) – Nr. 13, 21, 27, 36, 41 un 43. Stabilākos rezultātus pa gadiem novēroja kloniem Nr. 1 (14.98–15.2 mg %), Nr. 5 (15.48–15.81 mg %), Nr. 7 (11.21–11.35 mg %), Nr. 10 (15.05–15.98 mg %), Nr. 25 (9.78–10.01 mg %), Nr. 32 (9.89–10.01 mg %) un Nr. 37 (15.11–15.78 mg %). Secināja, ka askorbīnskābes saturs ir būtiski atkarīgs gan no klona, gan no audzēšanas gada ($p<0.05$). Pētījums pierādīja, ka raudene var būt pielietojama uzturā kā askorbīnskābes avots.

Korelācijas analīze parādīja, ka vidēji cieša korelācija (korelācijas koeficients atrodas robežās no 0.4 līdz 0.7) pastāv starp pazīmēm:

- auga augstums un zarošanās intensitāte ($r=0.524$);
- auga augstums un lapojuma biežība ($r=0.465$);
- auga augstums un ziedu blīvums ($r=0.401$);
- auga augstums un zaļā masa ($r=0.499$);
- auga augstums un gaissausā masa ($r=0.420$);
- zarošanās intensitāte un lapojuma biežība ($r=0.419$);
- zarošanās intensitāte un zaļā masa ($r=0.480$);
- zarošanās intensitāte un gaissausā masa ($r=0.503$);
- ziedu blīvums un lapojuma biežība ($r=0.439$).

Korelācijas koeficienti liecina, ka, jo augstāki augi, jo lielāka zarošanās intensitāte, lapojuma biežība, ziedu blīvums, kā arī augstākā zaļā masa būs raudenes kloniem. Jo lielāka ir augu zarošanās intensitāte, jo lielāka būs lapojuma biežība, līdz ar to arī lielāka zaļā masa. Turklāt, zarošanās intensitātes ietekme uz gaissauso masu ir nedaudz lielāka par ietekmi uz zaļo masu. Savstarpējā sakarība starp ziedu blīvumu un lapojuma biežību nozīmē, ka, viena rādītāja palielināšana pozitīvi ietekmē otrās pazīmes rādītāju.

Klāsteru analīze. Sagrupējot klonus pēc pazīmēm, starp kurām pastāv vidēji cieša korelācija (bez gaissausās masas), kā arī veicot klāsteru analīzi (4. att.), ieguva dendrogrammu. Pēc tās secināja, ka paraugu grupēšanu lielā mērā ietekmē klonu izcelšanās. Tas nozīmē, ka klona ievākšanas vietai ir būtiska ietekme uz šīm pazīmēm.

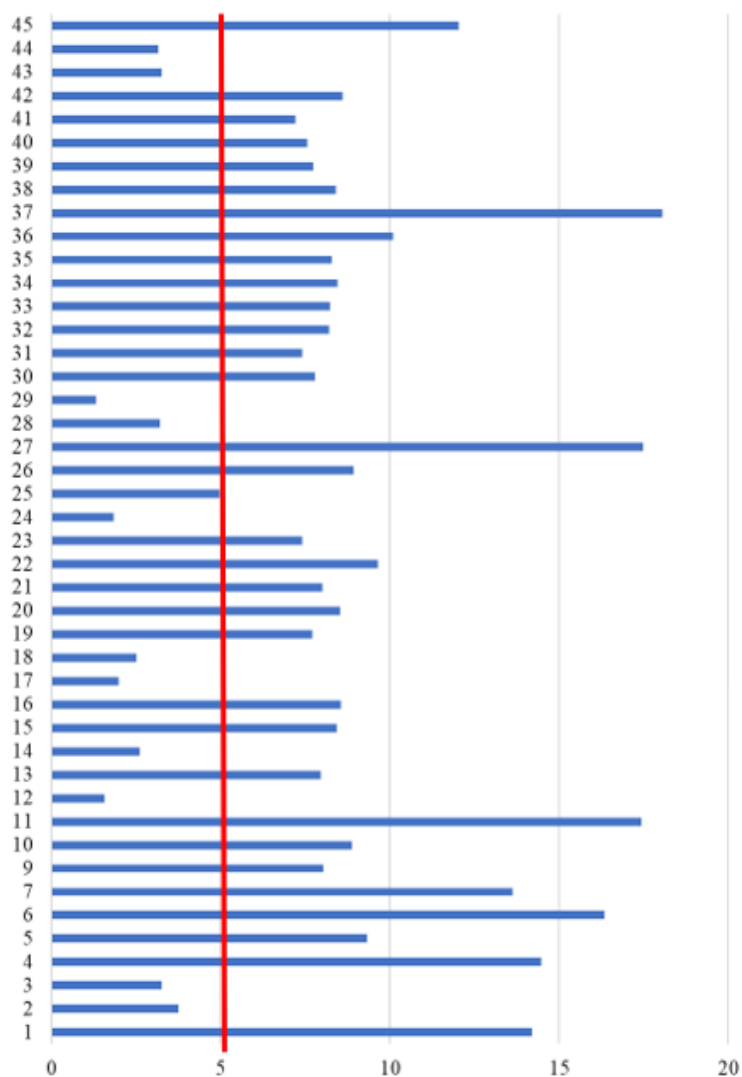


4. att. Raudenes klonu sadalījums klāsteros pēc pazīmju kompleksa ar vidēji ciešu korelāciju

Fig 4. Grouping of oregano accessions into clusters according to a complex of traits with moderate correlation

Integrētais vērtējums. Klonus vērtēja pēc vēlamajām pazīmēm atbilstoši konkrētajam audzēšanas mērķim, pēc piemērotības audzēšanai komercstādījumos, dāļdārzkopības vajadzībām vai pārtikas vajadzībām.

Izvēloties raudenes klonus **audzēšanai komercstādījumos** pēc 16 pazīmju kompleksa, kā piemērotākos var atzīmēt 11 klonus Nr. 2, 3, 12, 14, 17, 18, 24, 28, 29, 43, 44 (5. att.). Kā labāko klonu var atzīmēt Nr. 29 ($SD = 1.32$), bet arī kloniem Nr. 12, 17 un 24 SD nav lielāka par 2, attiecīgi 1.58, 1.99 un 1.84.



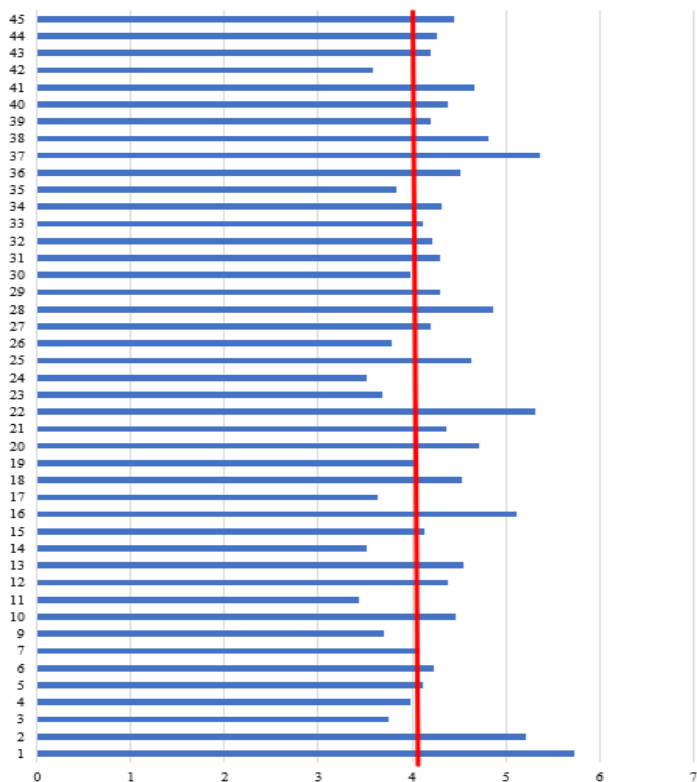
5. att. Raudenes klonu integrētais novērtējums
pēc piemērotības audzēšanai komercstādījumos

SD_{vid} – S = 5.00

Fig. 5. Evaluation of oregano accessions by suitability for commercial cultivation

SD_{mean} – S = 5.00

Izvēloties raudenes klonus **daīldārzkopības vajadzībām** pēc 13 pazīmju kompleksa kā piemērotākos var izšķirt klonus Nr. 3, 9, 11, 14, 17, 23, 24, 26, 35, 42 (SD robežās no 3.00 līdz 4.00 (6. att.), bet pārējiem kloniem standartnovirze nebija lielāka par 5, izņemot klonus Nr. 1, 2, 16, 22 un 36, tiem SD bija robežās no 5 līdz 6.



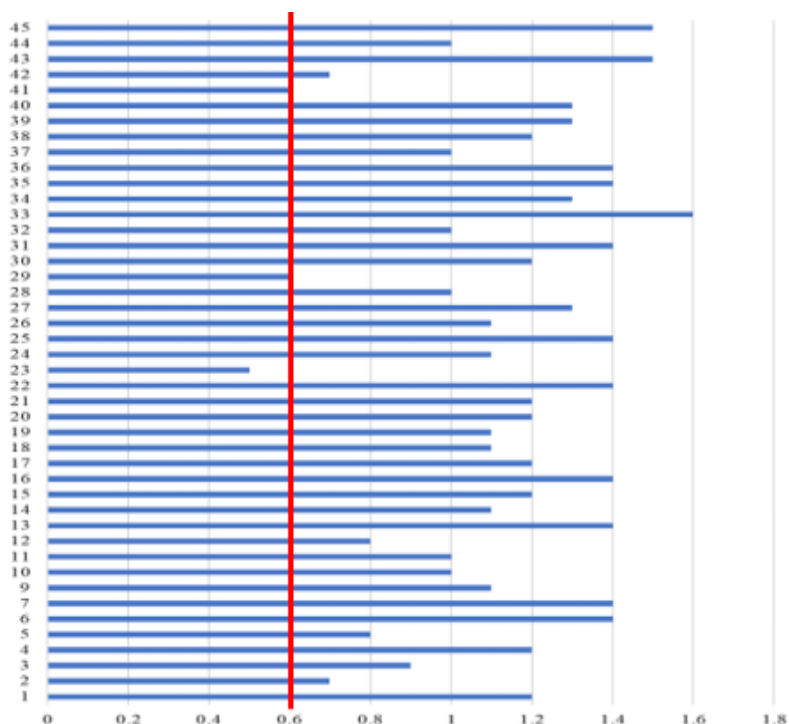
6. att. Raudenes klonu integrētais novērtējums pēc piemērotības daīldārzkopībai

$SD_{vid} - S = 4.00$

Fig. 6. Evaluation of oregano accessions by suitability for ornamental horticulture

$SD_{mean} - S = 4.00$

Pēc raudenes piemērotības **pārtikas vajadzībām** pēc 9 pazīmju kompleksa (7. att.) kā piemērotākos var izšķirt klonus Nr. 23, 29 un 41 (SD līdz 0.6, turklāt klonam Nr. 23 SD = 0.5, bet kloniem Nr. 29 un 41 SD bija 0.6 (3.19. att.). Pēc rādītājiem relatīvi tuvu ir kloni Nr. 2, 5, 12, 42 (SD attiecīgi ir 0.7, 0.8, 0.8, 0.7).



7. att. Raudenes klonu integrētais novērtējums pēc piemērotības pārtikas vajadzībām

$SD_{vid} - S = 0.60$

Fig. 7. Evaluation of oregano accessions by suitability for ornamental horticulture

$SD_{mean} - S = 4.00$

Kompleksais novērtējums veikts pēc 21 nozīmīgākās pazīmes (4. tab.). Pazīmes bija: 1) stāva augšanas forma (habituss); 2) augsts augu augstums; 3) liela zarošanās intensitāte; 4) neliels internodiju skaits; 5) biezs lapojums; 6) gara ziedkopa; 7) plata ziedkopa; 8) liela ziedu biežība; 9) liels brahtēju pāru skaits; 10) garš ziedēšanas periods; 11) agrs ziedēšanas sākums; 12) vēls ziedēšanas sākums; 13) salīdzinoši augstāka dziedzermaņu pārklājuma biežība uz dažādām auga daļām; 14) liels zaļās masas iznākums; 15) liels gaissausās masas iznākums; 16) augsta ziemcietība; 17) sēņu ierosināto slimības simptomu, kaitēkļu radīto bojājumu vai fizioloģisko bojājumu neesamība; 18) salīdzinoši augstāks askorbīnskābes saturs; 19) salīdzinoši augstāks ēterisko eļļu saturs; 20) salīdzinoši augstāks karvakrola un/vai timola saturs; 21) salīdzinoši augstāks fenolisko monoterpēnu saturs.

Raudenes klonu novērtējums pēc 21 pazīmes
Evaluation of oregano accessions by the complex of 21 traits

Klona Nr. / No. of accession	Pazīmes / Traits																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Vairāk nekā 10 pazīmju komplekss / More than 10 traits																					
2																					
14																					
19																					
23																					
24																					
29																					
34																					
39																					
40																					
No 5 līdz 10 pazīmju komplekss / From 5 till 10 traits																					
3																					
5																					
6																					
9																					
10																					
11																					
12																					
13																					
15																					
16																					
17																					
18																					
20																					
21																					
22																					
25																					
26																					
27																					
30																					
31																					
32																					
33																					
35																					
36																					
37																					
38																					
41																					
42																					
43																					
44																					
45																					
Mazāk par 5 pazīmju komplekss / Less than 5 traits																					
1																					
4																					
7																					

Apzīmējumi / Designations:



Klonam ir šī pazīme / Accession has this trait

Kompleksā novērtējuma rezultāti parādīja, ka tikai deviņi raudenes kloni izceļas ar augstu vērtējumu pēc vairāk nekā desmit pazīmēm: Nr. 2, 14, 19, 23, 24, 29, 34, 39 un 40. No produktīvāko klonu grupas tikai klonam Nr. 29 ziedēšanas sākums bija agrāks par 15. jūliju, pārējiem kloniem novēroja vēlo ziedēšanu. Par produktīvākajiem var atzīmēt klonus Nr. 14 un 29 (piemīt 11 no

21 pazīmes kompleksa). Klonam Nr. 14 ir raksturīga izplesta augšanas forma, kas apliecina auga piemērotību apstādījumiem. Lielāku grupu veidoja kloni ar atbilstību kompleksam no 6 līdz 10 pazīmēm. Secināja, ka kloniem Nr. 1, 4 un 7 piemīt mazāk par piecām pazīmēm no aprakstītā 21 pazīmes kompleksa. Tā kā klonam Nr. 11 raksturīgs zems augstums, to var rekomendēt audzēšanai podos, konteineros, virtuves dārzos.

Raudenes deskriptora metodikas precizēšana

Aprakstot raudenes klonus pēc deskriptora, vairākām dokumenta pozīcijām konstatēja nepilnības, tāpēc viens no promocijas darba uzdevumiem bija precizēt tā metodiku. Deskriptora kodus pēc nepieciešamības papildināja ar paskaidrojošajiem zīmējumiem, īsu metodikas aprakstu vai gradācijas pamatojumu. Jaunā dokumenta versija ir saglabājusi iepriekšējo formātu, bet attiecīgās sadaļas papildināja ar pazīmēm:

- auga raksturojums: ielika kodus: 7.1.1 – klonu dažādība populācijā jeb populācijas homogenitāte, 7.1.2 – auga vecums, 7.1.4 – auga diametrs; kā arī 7.1.5 kodu par auga augstumu papildināja ar zīmējumu un skaidrojumiem, kā arī gradāciju;
- stumbru raksturojumu papildināja ar precizētiem terminiem angļu valodā, ievietoja gradāciju stumbru biezībai, kā arī ielika kodu 7.2.7. par lielāka internodija garumu;
- lapu raksturojums: kodu 7.3.1 papildināja ar metodiskajiem norādījumiem lapojuma biezības noteikšanai, ielika kodu 7.3.4 par lapas plātnes platumu (papildinās 7.3.5 kodu par lapas plātnes garuma un platuma attiecību), kodam 7.3.6 par lapas plātnes formu pievienoja sirdveida formu
- ziedkopu raksturojums: pie 7.4.1 un 7.4.2 kodiem pievienoja attēlu par ziedkopas parametriem, ielika kodu 7.4.3 par attiecību starp garumu un platumu, pie 7.4.4 pielika metodiskos norādījumus ziedu blīvuma noteikšanai, kodu 7.4.22 papildināja ar rombveida brateju formu;
- sēklu raksturojums: ielika kodu 7.5.3 par sēklu dīgtspēju, klāt pievienojot metodiskos norādījumus tās noteikšanai;
- klonu vērtējums: ielika kodus 8.3 un 8.4 par ziedkopas zaļo un gaissauso masu, precizēja metodiku slimību un kaitēkļu radīto bojājumu noteikšanai.

Dokumentā papildināja arī izmantoto literatūras avotu sarakstu. Pēc attiecīgajām korekcijām deskriptora kopējais apjoms sastādīja 8 lpp., 82 pazīmes. Dokuments iesniegts izskatīšanai ECPGR elektroniskajā sistēmā.

SECINĀJUMI

1. Raudenes kloni būtiski atšķiras pēc vairākiem morfoloģiskajiem un morfometriskajiem rādītājiem: augu augstuma, stumbru skaita, dažādu auga daļu krāsas, ziedkopu garuma u.c. Visos pētījuma gados kloniem novērota augsta ziemciētība, bet lielāka produktivitāte (stumbru skaits no auga, ziedkopu garums un platums, zaļā masa) novērota pirmajā pētījuma periodā (2012.–2015. gadi). (1. un 2. tēze)
2. Augu novecošanās negatīvi ietekmē raudenes klonu ražas kvalitāti. Pirmajā gadā pēc stādīšanas sēņu ierosināto slimību un/vai fizioloģisko bojājumu simptomi uz raudenes lapām netiek novēroti, bet tie palielinās stādījumam novecojot, tāpēc raudenes audzēšana vienā vietā ilgāk par trim gadiem nav ieteicama. (2. tēze)
3. Raudenes kloniem ir zems vidējais ēterisko eļļu saturs (0.13 mL kg^{-1} gaissausās masas trīs izmēģinājuma gados), ko var skaidrot ar minimālu dziedzermatīņu sastopamību uz dažādām auga daļām (no 0.37 līdz $3.65 \text{ gab. mm}^{-2}$). Latvijas klonos nozīmīgākie ēterisko eļļas komponenti ir kariofilēna oksīds, β -kariofilēns, spatuneols, germakrēns D un linalools. Dažādu krāsu ziediem ir atšķirīgi ēterisko eļļu komponenti un to īpatsvars. (3. tēze)
4. Lielāks augu augstums un stumbru skaits, garākas un blīvākas ziedkopas, ilgstoša ziedēšana, augsta ziemciētība un produktivitāte ir kloniem Nr. 2, 3, 12, 14, 17, 18, 24, 28, 29, 43, 44, tie ieteicami audzēšanai komercstādījumos. (4. tēze)
5. Daiļdārzkopības vajadzībām ieteicami kloni Nr. 3, 9, 11, 14, 17, 23, 24, 26, 35, 42, kas izceļas ar augstu ziemciētību, izplestu habitusu, blīvu lapojumu, unikālu ziedu krāsu, ilgstošu ziedēšanu un dekorativitāti. (4. tēze)
6. Kloni Nr. 23, 29 un 41 ieteicami audzēšanai pārtikas vajadzībām, tie izceļas ar agrinumu, blīvu zarošanās intensitāti un lapojumu, izteikti zaļu lapu krāsu, lielu zaļās masas iznākumu, paaugstinātu askorbīnskābes saturu. (4. tēze)
7. Pēc 21 pazīmes kompleksa kloni Nr. 14 un 29 uzskatāmi par labākajiem (piemīt 13 pazīmes). Klons Nr. 29 raksturojas ar stāvu augšanas formu (atvieglo ražas novākšanu komercstādījumos), bet klonam Nr. 14 tā ir raksturīga kā izplesta. No zemāk produktīvajiem var atzīmēt klonu Nr. 11 (miniātūraugs ar potenciālu daiļdārzkopībā). (4. tēze)
8. Starptautiskais raudenes deskriptors ir precizēts un papildināts ar metodikas aprakstiem, paskaidrojošajiem zīmējumiem, gradācijas grupām, precizētajiem terminiem. Piedāvāts aprakstīt klonus pēc 82 pazīmēm. (5. tēze)

INTRODUCTION

The conservation of biological diversity is worldwide important and is regulated by many international and national regulatory acts. In accordance with the Convention on Biological Diversity and The Second Global Plan of Action for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture of the Food and Agriculture Organization of the United Nations, for Latvia it is obligated to fulfill the rules in the context of conservation and use of genetic resources, observing the common guidelines of the documents.

All over the world, wild populations of medicinal and aromatic plants can be in danger because of agricultural intensification, environmental pollution, climate change, construction in rural areas, destruction of natural habitats etc. In addition, a wide spectrum of medicinal and aromatic plants` usage affects the uncontrolled collection of species from nature and the destruction of wild habitats. Thus, the disappearance of genetic resources can be observed. Cultivation can be considered as an important measure for the protection of plant genetic resources. It allows the preserve reproducing plants, which can continue to evolve and adapt to climate change in the conditions of agrocenosis, as well as it promotes the commercialisation of genetic resources. There is a lack of long-term fundamental research on the conservation and evaluation of genetic resources of medicinal and aromatic plants in Latvia which could help to allow a comprehensive assessment of the morphological, chemical and genetic traits of accessions as well as to select the most valuable of them for further cultivation. Results of this complex evaluation would serve the basis for ensuring a high and qualitative harvest. Previous research in this direction has been insufficient and is still considered a novel.

Oregano (*Origanum vulgare* L.) is characterised as a medicinal and aromatic plant with a wide range of uses. In Europe it is included in the List of priority species of aromatic and medicinal plants. Therefore, the study, conservation and cultivation of oregano genetic resources are also relevant for Latvia. Because of polymorphism, oregano has morphologically and chemically different forms, linked to the location of their distribution. Oregano plants, selected from nature and cultivated in agrocenosis, usually create larger biomass, but retain some specific characteristics closely correlated with the collection site. That is why evaluation of genetic resources and selection of the most valuable accessions for specific cultivation`s needs are very important.

The aim of the Thesis: to evaluate the oregano accessions from an *ex situ* collection of aromatic and medicinal plants` genetic resources and to select the most valuable of them.

Research tasks:

- to describe the oregano accessions from an *ex situ* collection of aromatic and medicinal plants` genetic resources using International Draft Descriptor List *Origanum vulgare* L.;
- to analyse the chemical composition of oregano accessions;

- to select the most valuable accessions suitable for cultivation;
- to clarify the methodology of the International Draft Descriptor List *Origanum vulgare* L.

The hypotheses of the research: oregano genetic resources are characterised by variability of morphological and chemical traits.

The novelty of the research: for the first time in Latvia long-term research on the evaluation of oregano genetic resources has been conducted, accessions have been described using International Draft Descriptor List *Origanum vulgare* L., the most valuable accessions have been selected for cultivation, the descriptor's methodology has been clarified.

Thesis to be defended:

1. oregano accessions differ in several morphological and morphometric characteristics;
2. the productivity of oregano accessions depends on growing conditions and the duration of plantation's use;
3. low content of essential oils in oregano samples can be described with minimal density of glandular trichomes on different plant's parts;
4. unique plant's traits affect the suitability for a particular use of oregano accessions;
5. methodology's clarification of the Descriptor list *Origanum vulgare* L. allows for a more precise characterisation of oregano genetic resources.

Co-financing of the development of the promotion work has been received within the framework of three projects:

1. Annual project of the Ministry of Agriculture of the Republic of Latvia "The use of state subsidies for the conservation of the collection of genetic resources of aromatic and medicinal plants";
2. ESF project "Transition of LLU to the new doctoral funding model", No. 8.2.2.0/20/I/001. Agreement No. 1649, 17.05.2021–16.05.2022;
3. ERAF project "Capacity Strengthening of Latvian Academy of Sciences and Latvian Academy of Agricultural and Forestry Sciences in Development of Applications for International Projects" (co-financed participation in the conference "Modern Phytomorphology 2013" and article's publication in the conference proceedings).

Approbation of Thesis results

Six publications indexed to *Scopus* and/or *Web of Science* databases have been prepared based on the research results; fourteen publications in other collections of seminar and conference abstracts or articles had been prepared. Sixteen oral and poster presentations on research results had been made, thirteen of them – at International conferences and scientific seminars.

Publications indexed in Scopus and/or Web of Science databases

1. Sivicka I., Adamovičs A. (2024). Evaluation of oregano (*Origanum vulgare* L.) accessions by complex of functional traits. **In:** *Environment. Technology. Resources: Proceedings of the 15th International Scientific and Practical Conference on June 27-28, 2024*. Volume I: Rezekne Academy of Technologies, Rezekne, Latvia, 2024, pp. 330–333.
2. Sivicka I., Adamovičs A., Sokolova O., Lācis G., Krivmane B. (2022). Integrated assessment of oregano (*Origanum vulgare* L.) accessions from the *ex situ* collection of genetic resources. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B Natural Exact and Applied Sciences*, Vol. 76, No. 4(739), pp. 455–463. **Q4**
3. Sokolova O., Sivicka I., Krivmane B., Kārkliņa K. (2021). First report of *Truncatella angustata* causing leaf spot on oregano (*Origanum vulgare*) in Latvia. *Journal of Phytopathology*, Volume 170, Issue 3, pp. 1–9. <https://doi.org/10.1111/jph.13064> **Q2**
4. Sivicka I., Adamovics A., Ivanovs S., Osinska E. (2019). Some morphological and chemical characteristics of oregano (*Origanum vulgare* L.) in Latvia. *Agronomy Research*, Vol. 17, pp. 2064–2070. **Q3**
5. Sivicka I., Žukauska I., Balode A., Adamovičs A. (2015). Fresh and air-dry biomass of oregano (*Origanum vulgare* L.) accessions. **In:** *Nordic View to Sustainable Rural Development: Proceedings of the 25th NJF Congress*, held in Riga, Latvia, June 16–18, 2015, pp. 46–51.
6. Sivicka I., Adamovičs A., Žukauska I. (2012). Research of oregano (*Origanum vulgare* L.) inflorescence's parameters. **In:** *Research for Rural Development 2012: annual 18th international scientific conference proceedings*, Jelgava, May 16–18, 2012, Vol. 1, pp. 56–60.

Other publications

1. Sivicka I., Adamovičs A. (2024). *Draft Descriptor List Origanum vulgare* L. Rome: ECPGR. 8 p. *The document has been submitted to ECPGR electronic system for review, approval and publication.*

MATERIALS AND METHODS

Description of the study area and dates, research periods

During long-term investigations, plant material of oregano accessions from the *ex situ* collection of aromatic and medicinal plants (N 56°39'45.3''; E 23°45'15.2''), located at the Laboratory of Horticulture and Beekeeping (Jelgavā, Strazdu ielā 1), Institute of Soil and Plant Sciences, Faculty of Agriculture and food technology, Latvia University of Life Sciences and Technologies, was used.

Initially, 44 oregano accessions were collected from local natural habitats in different places of Latvia – around Aizkraukle, Cēsis, Jelgava, Madona, Pļaviņas, Talsi, Tukums, Valmiera and Rīga. During the investigations in *ex situ* collection, the accessions were evaluated, using Draft Descriptor List *Origanum vulgare* L., prepared by the European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources.

The research was conducted from 2012 to 2020, in 3 periods:

- during **the first period** (2012–2015), morphological as well as productivity parameters of accessions were analyzed using a Descriptor List;
- during **the second period** (2016–2019), the evaluation of morphological and productivity parameters of accessions continued, describing plants by Descriptor List as well as using colour chart;
- during **the third period** (2020), an in-depth research of glandular trichomes on different plant's parts of accessions was conducted as well as fungi isolated from oregano leaves were identified.

Observations and analyses performed

With a help of Draft Descriptor List *Origanum vulgare* L., such **morphological indices** were described:

- *plant and stem characterisation*: plant growth habit, plant height, number of stems per plant, branching density, stem pubescence, colour of stems, number of internodes;
- *leaf characterisation*: density of foliage, colour of the upper surface, length of petiole, ratio length/width of leaf, shape of leaf blade, shape of leaf base, leaf margin, density and pubescence (glandular trichomes) of upper surface and lower surface, density and pubescence (non-glandular trichomes) on leaf veins, shape of apex;
- *inflorescence characterisation*: length and width of inflorescence, density of flowers, colour of petals, ratio length and width of petals and calyx tube, length of calyx tube, shape and type of calyx tube, colour of calyx, density and pubescence (glandular trichomes) of outer side of calyx, number of bracts pairs per spike, length of bracts, ratio length of bracts / length of calyx, shape of bracts, texture of bracts, colour of bracts, density and pubescence (glandular trichomes) of outer and inner side of bracts, density and pubescence (non-glandular trichomes) of outer and inner side of bracts;
- *seed characterisation*: colour of seeds, 1000-seed weight, seed productivity, g per plant.

Measurements were made in 10 replications during the first period and in three replications during the second period. The colour of various plant parts

and seeds were assessed by using of a colour chart of the Royal Horticultural Society (RHS, contains 920 colour codes).

In the research, the following morphological indices for determining of accessions` productivity were considered to be: plant height, number of stems per plant, number of internodes, density of foliage, length and width of inflorescence, density of flowers, density and pubescence of non-glandular trichomes on different parts of the plant, density and pubescence of glandular trichomes on different parts of the plant, date of beginning and full flowering, 1000-seed weight, seed productivity, g per plant.

Evaluation of accessions was made by indices: fresh biomass per plant, air-dry biomass per plant, winter hardiness, severity of fungi or insects, biotic stress susceptibility, chemical parameters: content and composition of essential oils, content of ascorbic acids in oregano leaves. For accessions, the measurements (except chemical parameters) were performed each year.

Fresh and air-dry biomass. In both research periods, fresh biomass (plant weight for freshly harvested crop), g per plant and air-dry biomass, g per plant were evaluated. To determine the air-dry biomass, plants were dried after harvesting in a special room with the temperature +26 °C, in the dark, ensuring continuous ventilation, for approximately 3 weeks. The readiness was determined by touch - plants break, but retain the colour characteristic of dried oregano.

Both fresh and air-dry biomass were determined annually in both research periods. In order to objectively compare yield data, the cumulative or summar fresh biomass during 1st–4th growing years in a specific research period was also calculated for each accession.

Winter hardiness was evaluated every year in the spring regrowth phase, according to the scale:

- very low (95% of plants are damaged);
- low (75–94% of plants are damaged);
- intermediate (50–74% of plants are damaged);
- high (5–49% of plants are damaged);
- very high (0–4% of plants are damaged).

Severity of fungal diseases and insects was evaluated by adaptive 5-point scale:

- 0 – no symptoms;
- 1 – till 25% of foliage are with symptoms;
- 2 – 26–50% of foliage are with symptoms;
- 3 – 51–95% of foliage are with symptoms;
- 4 – 96–100% of foliage are with symptoms.

During research, it was observed that the symptoms of diseases and possible physiological lesions on oregano leaves tend to be similar or even identical (spots). Consequently, the developed adaptive 5-point scale for determining the degree of disease development was also used to determine the degree of physiological lesions, thus performing a comprehensive assessment. Each year,

observations were made several times during the vegetation period according to the phenological phases (spring regrowth, budding, beginning of flowering, full flowering, end of flowering and seed setting, seed ripening, stem dieback).

A detailed research on the identification of the fungi was conducted during the third research period, in 2020, at the Unit of Plant Pathology and Entomology of the Institute of Horticulture, Dobeles, Latvia.

Fungi were isolated from diseased oregano leaves. The leaves were sterilized for 1 min in 1.5% solution of sodium hypochlorite. Then leaves were rinsed in three changes of sterilized distilled water and placed on sterile paper towels and allowed to air dry. Leaf spots were excised with a sterilized scalpel and small samples were plated onto potato dextrose agar (PDA). Petri plates with infected tissue were incubated for 5 days at room temperature ($20 \pm 1^\circ\text{C}$). After several days, young mycelia emerging from the tissue were sub-cultured onto fresh PDA media and was incubated at 25°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) in the dark for sporulation. Single conidium isolations were made from spore suspensions on 2% water agar (WA) and incubated at room temperature.

Initial identification of isolates was based on colony morphology and conidial characteristics (shape, colour and cell number, size etc.). After grouping of isolates according to morphological similarity, representatives of each group were selected for precise identification using DNA ITS (internal transcribed spacer) region sequencing.

Genomic DNA was extracted from fresh fungal mycelium (400 mg) scraped from the margin of a colony on a PDA plate (7–10-day-old). The mycelium was frozen with liquid nitrogen, ground to a fine powder using a mortar and pestle, and the isolation of DNA was done with a DNeasy Plant Mini kit (Qiagen, Germany) following the protocol's instructions.

Before sequencing, PCR (polymerase chain reaction) products were purified using the QIAquick PCR Purification Kit® (Qiagen, Germany) according to the protocol's instructions. Sequencing was performed at the Latvian State Forest Research Institute "Silava" using the primers listed in Table 1.

Isolates that could be similar to *Truncatella angustata* (Pers.) S. Hughes by visual characteristics were identified in-depth by ITS and LSU, *tef-1 α* , *tub2* and *rpb2* regions using primers:

- for ITS – ITS1-F/ITS4;
- for LSU – LR0R/LR5;
- for *tef-1 α* – EF728F/EF1-1567R;
- for *tub2* – T1/Bt2b;
- for *rpb2* – RPB2-5f2/RPB2-7cr.

The obtained sequences were identified to the genus level, but for *Truncatella angustata* – also to the species level. Sequence analysis was performed using Lasergene 9.1 SegMan software (DNASTAR Inc.). Obtained in full length, they were compared with sequences available in the NCBI BLAST database.

Chemical analysis was performed during the first research period. The content and composition of essential oils, including the amount of carvacrol, thymol and phenolic monoterpenes, were evaluated for the accessions. In addition to the descriptor's methodology, the content of ascorbic acid was also determined for fresh leaves during the spring regrowth phase.

The content and composition of essential oils were analysed under the supervision of Professor Eva Osinska at the Department of Vegetable and Medicinal Plants of the Warsaw University of Life Sciences.

For analysis, the plants were collected in the full flowering phase and had been dried at +26 °C temperature in a special drying cabinet with ventilation, in the dark, for approximately 3 weeks, till the readiness of air-dry oregano was determined by touch – plants break, but retain the colour.

Before the study of dried samples at the Warsaw University of Life Sciences, accessions were grouped by the color of the flowers (petals and bracts), according to the grouping:

- dark flowers` colour (bordeaux, dark purple): No. 3, 5, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 42);
- semi-dark flowers` colour (pink, light purple): No. 2, 12, 17, 18;
- light flowers` colour (white, light pink): No. 1, 4, 6, 7, 13, 28, 41, 43, 44, 45.

As a colour chart was not available during the first research period, when the content and composition of essential oils were studied, the samples were grouped visually.

Isolation process description. Glass vessel (2 L) was filled with dry material (50 g). This method suggests adding the same volume of water. Prepared glassvessel with the moistened sample was placed in a microwave oven with a power 300 W for 30 minutes. The essential oil was extracted and collected in 2 mL glass vials for storage without light at 0–4 °C. The content of essential oils was determined in mL kg⁻¹ of air-dry biomass.

Chromatographic separation conditions. The analysis of distilled essential oils was performed using a gas chromatograph Hewlett Packard 6890 equipped with flameionization detector FID and polar capillary column HP 20M. The separation conditions were: initial oven temperature 60 °C for 2 min, then the temperature increases for 4 °C per min. Injector chamber temperature was 220 °C for 5 min. Helium as a carrier gas was used (1.1 mL per min). Injector chamber temperature was 210 °C, detector – 260 °C. Split 1:70. The essential oil was injected (0.1 µL) manually into the chromatography column. Reference mixtures components were identified based on the retention times of the patterns (RT) and by comparing their retention indices (RI) to a series of n-alkanes(C7-C30), analysed in the above described separation conditions, using the following formula:

$$RI = 100 \frac{tR'(x) - tR'(n)}{tR'(m) - tR'(n)} + 100n, \quad (1)$$

where:

n – the number of carbon atoms in the smaller n -alkane, eluting before target compound;

$tR'(x)$ – retention time of target compound;

$tR'(n)$ – retention time of thereference n -alkane eluting immediately before targeting chemical compound;

$tR'(m)$ – retention time of the reference n -alkane eluting immediately after targetingchemical compound.

To obtain the percentage of the individual compounds in the essential oils, normalization method was used without using the correction factor².

The determination of ascorbic acid content in oregano leaves was carried out during first research period, in the 2012–2015, at the beginning of vegetation period (April–May), during the spring regrowth phase. Discs with a diameter of 1 cm were pressed out of the fresh leaves with a help of corkscrew and crushed in a porcelain mortar. 2 g of the crushed sample was put into a 50 mL test tube. 50 mL of a mixture of 1% HCl and 5% H₃PO₄ (v:v=1:1) was added to each sample and mixed well. After 30 minutes, the solution was filtered through a paper filter No. 89. 10 mL of filtrate was measured with a Mohr pipette and titrated with 0.0005 molar 2,6-dichloroindophenol solution till a pale pink colour. The content of ascorbic acid was calculated using the equation:

$$m = \frac{V_{\text{titr}} \times 0.044 \times V_{\text{kop}} \times 100}{V_{\text{anal}} \times m_{\text{iesvars}}} \quad (2)$$

where:

m – ascorbic acid content, mg %;

V_{titr} – volume of 2,6-dichlorophenolindophenol used for titration, mL;

0.044 – amount of ascorbic acid reduced by 1 mL of 0.0005 M 2,6-dichlorophenolindophenol solution, mg;

V_{kop} – total filtrate volume, mL;

V_{anal} – volume of the analysed solution taken for titration, mL;

m_{iesvars} – sample weight, g.

Titrimetric analyses were performed in duplicate.

² *Standardization of essential oils*. [Online] [Viewed at 17th December 2024]. Available at: <https://chromessence.com/en/standardization-of-essential-oils/>

For the **integrated assessment** of oregano accession, the most significant morphological, chemical, agronomical and economical traits were chosen for plants' evaluation. These traits were: erect plant growth habit, high plant height, high branching density, few internodes per plant, dense foliage, long inflorescence, wide inflorescence, high density of flowers, large number of bracts per spike, long period of flowering, early flowering, late flowering, relatively high density of glandular trichomes on different plant parts, high fresh biomass per plant, high air-dry biomass per plant, high winter hardiness, no symptoms of fungal diseases or physiological lesions as well as no damages made by insects, relatively higher content of ascorbic acid, relatively higher content of essential oil, relatively higher content of carvacrol or thymol in essential oil, relatively higher ratio of phenolic monoterpenes in essential oil.

In this study, multi-criteria analysis was used to assign an overall value to each plant material. The equation was used:

$$SD = \sum_{i=1}^N \omega_i (I_i - x_{vid, i}) / s_d, \quad (3)$$

where:

SD – value of accession;

i – quantitative feature;

I_i – desired feature value of trait;

$x_{vid, i}$ – actual value of trait;

ω_i – feature contribution coefficient;

s_d – standard deviation;

N – count of traits.

Low value of accession indicates that the genotype is closer to the desired traits.

By the suitability for cultivation in commercial plantations, ornamental horticulture or food, plant material was evaluated according to the desired characteristics, important for achieving a certain goal. Accessions were grouped by complex of functional traits, using the received data of multi-criteria analysis.

For **cultivation in commercial plantations** (including also for pharmaceutical purposes), the suitability of oregano accessions was evaluated according to 16 traits, N = 16. Traits were divided into 4 groups:

- morphology (ω_i 20%): erect habit, plant height >50 cm, count of stems >100 stems per plant, count of internodes from the soil level till the inflorescence <5, length of inflorescence at least ½ from total plant height, width of inflorescence >10 cm, dense flowering;

- phenology (ω_i 20%): early (before 2nd decade of June) or late (later than 3rd decade of July – start of August) full flowering, duration of flowering longer than 40 days;
- yield and yield quality (ω_i 30%): fresh biomass >500 g per plant, dry biomass at least 30% fresh biomass), relatively higher content of essential oils and C vitamin;
- resistance to adverse conditions (ω_i 30%): high winter hardiness (0-4% of plants are damaged or dead), no visible symptoms caused by pests or diseases.

For **ornamental horticultural needs** (including cultivation in rock gardens, containers, kitchen garden), the suitability of oregano accessions was evaluated according to 13 traits, $N = 13$. Traits were divided into 4 groups:

- morphology (ω_i 25%): prostrate habit, plant height <25 cm, count of internodes from the soil level till the inflorescence <5, dense foliage and dense flowering, unique color of petals (for example, white);
- phenology (ω_i 20%): different flowering period, duration of flowering longer than 40 days;
- yield and yield quality (ω_i 20%): relatively higher content of essential oils, relatively higher content of phenolic monoterpenes (indicates an expressive aroma);
- resistance to adverse conditions (ω_i 30%): high winter hardiness (0-4% of plants are damaged or dead), no visible symptoms caused by pests or diseases.

For food (including salad recipes), the suitability of oregano accessions was evaluated according to 9 traits. Traits were divided into 4 groups:

- morphology (ω_i 15%): count of stems >100 stems per plant, dense foliage, intensive green color of leaves;
- phenology (ω_i 20%): early start of vegetation;
- yield and yield quality (ω_i 20%): fresh biomass >500 g per plant, relatively higher content of C vitamin;
- resistance to adverse conditions (ω_i 30%): high winter hardiness (0-4% of plants are damaged or dead), no visible symptoms caused by pests or diseases.

Characterisation of meteorological conditions

Meteorological data were collected during all research period from December 2011 till November 2020. Until April 2020, data from the portable USB register MicroLite (placed at a height of 0.7 m from the soil surface) were used to characterize air temperature, while data from the EL-USB-2-LCD+ logger (placed at a height of 1 m from the soil surface) were used for the vegetation period of 2020 (April–November). Precipitation data as well as

long-term observation data (hereinafter – norm) were collected from the information system of the Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre.

The first research period. 2012 was one of the coldest years in the 21st century, the coldest month of this year was February, while November was warmer than norm, also the year was rich in precipitation. 2013 was warmer and drier than norm. In 2014, all months, except June, were warmer than norm. It was observed that January began with non-typically warm weather, but in the second decade of the month the temperature was mostly up to 10 °C below norm, frost was observed in Zemgale. March was non-typically warm, 4.7 °C above norm, while June was 0.9 °C colder than norm. The amount of precipitation in 2014 was 107% of the norm. The first three months of 2015 were warmer than norm, while May and June were characterized by average air temperatures below norm. July started with temperatures above +30 °C, but the 2nd and 3rd decades of the month were cooler than norm. A heat wave was observed in August and September, but October was 1.3 °C colder than norm. In terms of precipitation, 2015 was 92% of the norm.

The second research period. 2016 was warmer than norm (except for January). The amount of precipitation in 2016 was characterized as higher than norm, the wettest months were August and July, while the driest was April. In 2017, the average air temperature was 0.5 °C above norm, but several months were colder than long-term observations. The first three months of the year were warmer than norm, while the period from April to July was colder than norm. In terms of precipitation, the first half of the year was drier than norm, but the second half was wetter than norm. October became the 6th wettest since 1924. 2018 became the 3rd warmest in the history of observations in Latvia. A record number of tropical nights (with a minimum air temperature higher than +20 °C) was recorded in Jelgava. 2018 was the driest year in Latvia since 1924, with the total annual precipitation being the lowest on record. 2019 was the warmest year in terms of average air temperature since 1924, but the year was also characterized by records for minimum air temperatures – on May 6 as well as on July 12 and 13. Precipitation was 9% below the annual norm.

The third research period – 2020 – became the warmest year since 1924 in terms of average air temperature. The winter of 2019/2020 and the autumn of 2020 were the warmest in the history of observations. The beginning of spring was warmer than norm, but in April and May only one decade was warmer than norm – the beginning of April. June was the warmest month. Precipitation in 2020 was 7% less than norm. In Jelgava, the winter of 2020 was the first winter in at least the last 60 years without snow cover. All summer and autumn months were drier than norm.

Summarizing data on meteorological conditions throughout the all research periods, the conclusion was that the second period (2016–2019) was characterised as hot and dry, which could have negative effect to the growth and development of oregano. In scientific literature about turkish oregano

O. onites L. it is mentioned that air temperature during the vegetation period from +20 to +30 °C positively affects plants` productivity. According to polish scientists, the amount of moisture around 600 mm (up to 300 mm with precipitation, around 300 mm with additional watering) optimally affects the productivity of *O. vulgare*. Compared to these data, the meteorological conditions during the research were not optimal every year either due to low temperatures (for example, in all study years the average air temperature per summer period was lower than +19 °C) or due to insufficient precipitation (in 2013, 2015, 2018 and 2019 the amount of precipitation in the summer period was less than 200 mm).

In order to more objective assessment of the impact of weather conditions on the onset of flowering and the onset of full flowering, Growing degree days (GDD) were calculated for the accessions according to the formula, further summing up for the relevant period:

$$GDD = \sum \frac{(T_{max} + T_{min})}{2} - T_{base}, \quad (4)$$

where:

T max – average maximum daily temperature;

T min – average minimum daily temperature;

T base – base temperature (+5 °C).

The GDD was calculated for each year, from the resumption of vegetation till the beginning of flowering as well as till the full flowering phase, depending on the year:

- from the second decade of April (2018);
- from the third decade of April (2012, 2014, 2019);
- from the first decade of May (2013, 2016);
- from the second decade of May (2017);
- from the last decade of May (2015).

Mathematical data analysis

The research data had been processed by dispersion analysis using Microsoft Office Excel software. Differences between variants were determined at significance level $\alpha=0.05$.

The correlation between the indicators were determined using the Pearson correlation method (ordinal scale for measurements) or Spearman correlation methods (for comparison of non-parametric or qualitative indices) using SPSS 17.0.

To group the accessions according to specific traits, cluster analysis was used. Based on the results of the previously developed correlation analysis and

by grouping the accessions according to traits` complex with at least a moderate correlation between these traits, cluster analysis was performed using SPSS 17.0. The created cluster dendrograms allow to judge whether the distribution of accessions into groups according to a specific traits complex is related to geographical origin (place of plants` collection).

Methodology`s clarification of the Descriptor list *Origanum vulgare* L.

The methodology of descriptor was replenished in response to the lack of information about assessment of traits or other inaccuracies identified during the description of accessions, as well as based on useful information contained in other descriptors that should be included in Draft Descriptor List *Origanum vulgare* L.

RESULTS

Morphological indices

Plant and stem characterisation. During first and second research periods, erect habit was characterised for eighteen accessions No. 2, 6, 13, 15, 16, 19, 21, 22, 24, 29, 30, 31, 33, 34, 36, 37, 40 and 41. A prostrate habit was observed for accessions No. 4, 17 and 35, which can be defined as an important factor in the selection of plant material from a decorative point of view. The remaining twenty three accessions had a semi-erect habit.

In both periods it was observed that plants showed maximum height during 2nd, 3rd and 4th cultivation years. Seventeen accessions No. 2, 9, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 23, 24, 29, 38, 39, 40, 41, 43 and 45 were characterised as tall plants (with height more than 50 cm). The average height per first research period was 66.5 cm, per second – 64.8 cm. During the second period, it was observed that plants were about 1.7 cm lower in comparison with the first period, this can be explained by hotter and drier weather conditions in 2016–2019 compared with 2012–2015. It was observed that plant height is significantly influenced by accession and cultivation year ($p < 0.05$). During all years of research, accession No. 11 showed the minimum height, that is why it can be recommended for cultivation as miniature plant.

According to characteristics in the average number of stems per plant, accessions No. 3, 17 and 19 had a consistently large number of stems – more than 200 pcs. per plant. The average result during research was: 123 pcs. per first period and 107 pcs. per second period. This indicator was also characterised by the fact that during second study period plants had a smaller number of stems in comparison with the first period. In both periods, dense

branching (more than 100 stems per plant) during 2nd, 3rd and 4th year of cultivation was observed for twenty accessions. It was observed, that the branching density had been equally significantly influenced by accession and cultivation year ($p < 0.05$).

Per both periods, the stem pubescence with non-glandular trichomes was observed as dense. However, as a result of microscopy in 2020, for accessions No. 2, 9, 13, 23, 24, 25, 27, 28 and 43 pubescence of stems was characterised as moderate, while for other accessions dense pubescence was observed.

The stem colour was evaluated by RHS colour chart. According to this, two green colour's groups – green and yellow-green – were defined for accessions, but totally 10 different stem colour codes were defined.

During both periods, a small number of internodes (less than 5 internodes from the soil level to the first flowering node) was characterised only for accessions No. 6, 7, 12, 15 and 30.

Leaf characterisation. For oregano accessions, sparse density of foliage was not detected during all research years. Dense foliage was characterised for accessions No. 2, 3, 9, 14, 18, 19, 23, 24, 26, 27, 39, 40, 42, 43 and 45. For the remaining accessions, medium dense foliage was observed. In addition, after drying, leaf non-stability was detected for all accessions.

According to the colour of the leaf plate, plants were divided into two green colour's groups, identical to the stem colour groups – green and yellow-green – as well as 14 colour codes were detected. Ratio length/width of leaf was observed as 3:1 for accession No. 32, 5:1 for No. 28, 12:1 for No. 27, while the other accessions had a ratio 2:1. By the shape of the leaf blade, a roundish was found for accessions No. 22, 33 and 38, for No. 16, 20, 21, 26, 27, 28, 32, 39 it was detected as oblong, but No. 5 had both - roundish and oblong leaf blades on one stem. This means that the statement that oregano can be characterised by only one specific shape of blade can be subjective. A heart-shaped blade was observed for accession No. 42, which is not mentioned in the Draft Descriptor List. In the research, the most common shapes of the leaf blade were ovate and rhomboid and the occurrence of these two shapes between the accessions was practically equal. Non-glandular trichomes were found on the leaf veins only for accessions No. 14 and 40, the density was detected as sparse.

Inflorescence characterisation. For petals, four colour groups and 23 colour codes were observed. Accession No. 4 was characterised with white colour of petals (not mentioned in the RHS color chart). By colour of calyx, all accessions had been divided into two colour groups as well as sixteen colour codes. In descriptor, only five codes for colour of calyx are mentioned. For accessions No. 20 and 32 two colours of calyx was found. For all accessions, the petals were slightly exceeding the calyx tube. By shape of calyx tube, all samples belonged to the turbinate type, but by type of calyx tube to more or less equal teeth's type.

For bracts (sepals), a rhomboid shape was observed for all accessions (not mentioned in the descriptor's methodology). All accessions' bracts were

approximately twice longer as calyx. The number of bracts remained unchanged during research period, which indicates the innate value of that trait for accessions. A big number of bract pairs (at least 5 pairs) was observed for eleven accessions:

- 2 pairs: No. 1, 10, 14, 43;
- 3 pairs: No. 2, 3, 7, 9, 11, 17, 19, 24, 25, 27, 28, 29, 33, 38, 40;
- 4 pairs: No. 4, 6, 12, 13, 15, 18, 21, 22, 26, 32, 35, 36, 42, 45;
- 5 pairs: No. 5, 20, 23, 31, 37, 39, 44;
- 6 pairs: No. 30, 34, 41;
- 7 pairs: No. 16.

There was an opinion before research that big number of bracts' pairs prolong the flowering period, but this statement was not confirmed. The minimum length of bracts (3 mm) was observed for accessions No. 5, 9, 12, 45, but the maximum (5 mm) – for No. 17, 23, 37. For other accessions, the length of bracts ranged from 3.5 to 4 mm. Non-glandular trichomes were observed for all accessions on the outer and inner sides of the bracts, but the density was rare.

For cultivation, the evaluation of the productivity of accession is very important, attention should be paid to the parameters such the length and the width of inflorescence. Longer and wider inflorescences means more productive oregano plants. It was observed that during the first period plants formed longer and wider inflorescences than during the second period (a similar trend was observed for plant height). For accessions, the average length and width during first period were 19.73 cm and 11.92 cm respectively, but during the second period – 16.90 cm and 10.41 cm respectively. The differences can be described with influence of meteorological conditions: period of 2016–2019 was characterised by hotter and drier weather than 2012–2015. Data analysis showed an influence of both – the accession and the year of cultivation – on the length, but not on the width of the inflorescence.

The majority of the accessions were characterised by dense and medium density of flowers. Only eight accessions had rare (No. 6, 15, 16, 18, 20 and 22) and very rare (No. 36, 37) density of flowers, therefore these accessions can not be recommended for commercial cultivation.

Fifteen oregano accessions had a flowering period longer than 40 days. For them, early (No. 32), medium late (No. 6, 10, 11, 13, 14, 18, 29, 30 and 31) and late (No. 1, 2, 19, 42, 44) start of flowering was observed.

For better understanding of impact of meteorological conditions on the date of beginning of flowering and full flowering, the sum of growing degree days (GDD) was calculated. It was concluded that the results differ by year. If the beginning of flowering was observed from 20th till 30th of June, the GDD ranged from 121.8 (2017) to 332.9 (2019). For the beginning of flowering from 1st till 10th of July, the GDD was from 133.2 (2012) to 133.5 (2015), while from 11th till 20th of July – from 200.7 (2015) to 405.6 (2019). The effect of GDD on full flowering also was different by year: if full flowering was observed from

1st till 10th of July, GDD varied from 201.0 (2014) to 402.1 (2013), from 11th till 20th of July – from 216.9 (2015) to 280.5 (2012), from 21st till 30th of July – from 294.2 (2017) to 532.5 (2019), while in 2019 full flowering was also observed on August (542.45 GDD). It can be concluded that by the sum of accumulated GDD the distribution of accessions is uneven, which can be explained by the impact of complex meteorological conditions (air temperature and humidity) on spring regrowth, vegetation period and phenological phases. The minimum GDD index for the beginning of flowering was 121.8 (2017) and for full flowering – 201.0 (2014), respectively. The maximum GDD index at the beginning of flowering was 405.6 (2012, seventeen accessions), and for full flowering 542.45 (2019, fourteen accessions), respectively.

During the research, it was concluded that objective results of glandular trichomes` density on different plant`s parts of oregano is possible only by using microscope. It was found that despite the apparent visual hairiness of the plants, the occurrence of glandular trichomes on different parts of the plant is rare. The average count of glandular hairs per 1 mm² was observed:

- 1.41 on stems;
- 2.81 on the upper surface of the leaf blade;
- 2.31 on the lower surface of the leaf blade;
- 3.65 on the outer side of the calyx;
- 0.37 on the outer side of the bracts;
- 0.75 on the inner side of the bracts.

For samples, the highest concentration of glandular trichomes was found on the outer side of the calyx. Between accessions, no significant difference in the number of glandular trichomes was found ($p > 0.05$).

Seed characteristics. By accessions, the 1000-seed weight varied from 0.05 to 0.3 g. Two colour groups, seven colour names and eight colour codes according to the colour of seeds were defined. In the literature, light gray or brownish seed color is most often mentioned (generally the same observed for Latvian oregano).

Evaluation of accessions

For accession, during both periods, the average fresh biomass, g per plant, was 28.14 g for the 1st, 108.65 g for the 2nd, 375.45 g for the 3rd and 656.50 g for the 4th year of cultivation.

The cumulative (summar) fresh biomass of oregano accessions (Fig. 1) during second research period was lower than during first period, differences between accessions ranged from 0.46 to 7.05%, which may be due to hotter and drier weather conditions. As well as the possible reason can be vegetative plants` propagation. Accessions also had lower height during the second period.

Accessions No. 3 and 43 can be noted as the most productive because of their cumulative fresh biomass being higher than 1000 g per plant. For No. 2,

13, 18, 28, 29 and 31 this indice was over than 800 g and ranged from 835 to 997 g per plant. During all growing years in both research periods, accessions No. 4, 11, 25 and 37 had a minimum biomass, moreover, No. 4 had the lowest height and the shortest inflorescences throughout the research. In all years, meteorological conditions were not optimal for biomass formation. A significant influence of accession and growing year on cumulative fresh biomass was observed ($p < 0.05$).

By air-dry biomass, the most productive oregano accessions can be noted as a group of twelve accessions with a result of 101 – 150 g per plant (Table 2). This group also includes accessions No. 3 and 43 (the largest fresh biomass) as well as a larger part from the group of accessions with a fresh biomass above 800 g, excepting No. 13 and 31. During second research period, the air-dry biomass was also by 2 – 29.52% lower in comparison with the first period.

Severity of fungal diseases and/or physiological lesions and insects.

Only during the 1st year of cultivation (2012 and 2016), no symptoms of fungal diseases and/or physiological lesions were observed per vegetation period. For both research periods, in the 2nd (2013 and 2017), 3rd (2014 and 2018) and 4th (2015 and 2019) cultivation's years no symptoms of diseases and/or physiological lesions were observed until the budding (0 points), but at the beginning of flowering and in the full flowering the degree reached 1 point (up to 25% of the foliage have symptoms). From the end of flowering till seed rippening, the degree increased from 2 to 3 points (respectively 26–50% and 51–95% of the of the foliage have symptoms).

In an additional study in 2020, when the plants continued to grow during the 5th year of cultivation, the degree at the beginning of flowering was assessed with two points (26-50% of the foliage have symptoms), but in the seed rippening's phase – with 4 points (96-100% of the foliage have symptoms). It should be noted that in previous years, 4 points were given only in 2014 and 2019 (in the 3rd and 4th growing years, respectively), and only during the stem dieback.

An in-depth study on the identification of the occurring fungi was carried out in 2020. ITS sequence analysis showed a similarity of 92 to 99% among the samples described in the NCBI database. The occurring genera were *Alternaria*, *Epicoccum* and *Phoma* (36%, 25% and 11% of all isolated fungi, respectively). The genera *Mucor*, *Botrytis*, *Stemphylium*, *Chaetosphaeronema* and unidentified fungi from the *Ascomycota* division were also identified. For the first time in Latvia, *Truncatella angustata* was detected on *Origanum vulgare* L., the sequences obtained in the study were registered in the NCBI database with the numbers: OK482717 (ITS), OK482718 (LSU), OK482721 (tef1-a), OK482720 (β -tub) and OK482719 (rpb2).

During all research years (from 2012 to 2020), from spring regrowth to the stem dieback all accessions had leaf damages caused by species of the Cicadellidae, but over the years the degree of damage did not exceed 2 points

(26–50% of the of the foliage had visually visible damages). In rare cases (2013 and 2016), leaf damages caused by insects (species could not be recorded) was observed in some accessions during the phase of budding, but the degree of damage was not significant – up to 1%.

Winter hardiness of oregano accessions. Despite various meteorological conditions and observed symptoms of fungal diseases and/or physiological lesions as well as damages made by insects, the winter hardiness of all oregano accessions was defined as very high throughout the research period, in all years 0–1% of plants or their parts were damaged. Observations confirmed that in the case of a dry spring it was necessary to provide additional watering for the regrowth of oregano plants.

Evaluation of chemical properties of oregano accessions. For analysis of essential oils, dried samples were grouped by the color of the flowers (petals and bracts), according to the grouping:

- dark flowers` colour (bordeaux, dark purple): No. 3, 5, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 42);
- semi-dark flowers` colour (pink, light purple): No. 2, 12, 17, 18;
- light flowers` colour (white, light pink): No. 1, 4, 6, 7, 13, 28, 41, 43, 44, 45.

As a colour chart was not available during the first research period, when the content and composition of essential oils were studied, the samples were grouped visually.

Results showed that local oregano is poor in essential oils – per three growing years the average result for air-dry oregano was 0.13 mL kg⁻¹ only (Fig. 2). The higher content of essential oil was observed for oregano with dark flowers, although this indicator was significantly influenced by the weather conditions of 2014. The low content of essential oils in oregano samples can be explained by the minimal pubescence of various plant`s parts with glandular trichomes.

The most 17 compounds were identified as dominant for oregano accessions (Table 3). From these compounds, as principal were defined: caryophyllene oxide, β -caryophyllene, spathulenol, germacrene D and linalool.

Oregano samples were not rich in thymol and carvacrol. As per results, sesquiterpene chemotype can be defined for oregano accessions. The dominant components indicate the calming effect of oregano on the human body. By Table 3, it is possible to conclude that light colour of flowers influenced a higher content of limonene, β -phellandrene, 1,8-cineole, γ -terpinene, *p*-cymene, linalool, β -caryophyllene, α -terpineol, α -terpineol and borneol. Higher content of caryophyllene oxide and spathuneol was observed for dark-colored flowers. This confirms the hypothesis that the colour of oregano flower affects the

composition of essential oils. All samples had a higher content of thymol in 2012, while carvacrol – in 2014.

During first research period, the average ascorbic acid content in fresh oregano leaves at the beginning of the vegetation period (April–May) was 11.76 mg % (7.79 mg % in 2012, 12.66 mg % in 2013 and 14.82 mg % in 2014 and 14.79 mg % in 2015). The highest index was observed in 2013 for No. 26 (26.88 mg %), but the lowest – in 2014 for No. 27 (1.62 mg %). Throughout the study period (2012–2015), the highest indices (>15 mg %) were observed for No. 5, 10, 12, 26, 37, 38, 42 and 44, the lowest (<7 mg %) – No. 13, 21, 27, 36, 41 and 43. The most stable results over the years were observed for No. 1 (14.98–15.2 mg %), No. 5 (15.48–15.81 mg %), No. 7 (11.21–11.35 mg %), No. 10 (15.05–15.98 mg %), No. 25 (9.78–10.01 mg %), No. 32 (9.89–10.01 mg %) and No. 37 (15.11–15.78 mg %). It was concluded that the ascorbic acid content significantly depends on both – the accession and the year of cultivation ($p < 0.05$). The study proved that oregano can be used for food as a source of ascorbic acid.

Correlation analysis showed that a moderate correlation (correlation coefficient is in the range from 0.4 to 0.7) exists between the following traits:

- plant height and branching density ($r = 0.524$);
- plant height and density of foliage ($r = 0.465$);
- plant height and density of flowers ($r = 0.401$);
- plant height and fresh biomass ($r = 0.499$);
- plant height and air-dry biomass ($r = 0.420$);
- branching density and density of foliage ($r = 0.419$);
- branching density and fresh biomass ($r = 0.480$);
- branching density and air-dry mass ($r = 0.503$);
- density of flowers and density of foliage ($r = 0.439$).

Correlation coefficients show that the taller plant is, the more intensive branching density, density of foliage, density of flowers as well as the highest fresh biomass will be observed for oregano accessions. More intensive branching density means higher density of foliage as well as bigger fresh and air-dry biomass for oregano accessions. In addition, the effect of branching density on air-dry mass is slightly greater than on fresh biomass. The correlation between density of flowers and density of foliage means that increasing of one indicator positively affects the result of the second indicator.

Cluster analysis. By grouping accessions according to traits with a moderate correlation (excluding air-dry mass) as well as by performing cluster analysis (Fig. 4), a dendrogram was obtained. The conclusion was that the clustering of samples is influenced by the origin of the accessions. This means that the place of plants' collection has a significant impact on observed traits.

Integrated assessment. Accessions were assessed for desirable traits according to suitability for:

- commercial plantations;
- ornamental horticulture;
- food purposes.

In total, eleven accessions No. 2, 3, 12, 14, 17, 18, 24, 28, 29, 43 and 44 (Fig. 5), with high evaluation of morphological and phenological properties, yield components, resistance to diseases and pests as well as winter hardiness, have the best growing potential in **commercial plantations**. Accession No. 29 (SD = 1.32) can be defined as the most valuable. Also, for accessions No. 12, 17 and 24 the value of SD was not higher than 2, respectively 1.58, 1.99 and 1.84.

Accessions No. 3, 9, 11, 14, 17, 23, 24, 26, 35 and 42, which were characterised by rare and unique morphological indices, high winter hardiness as well as resistance to diseases and pests, have the best potential as **ornamentals** (Fig. 6), SD was from 3.00 till 4.00. For other accessions, SD was not higher than 5, excluding No. 1, 2, 16, 22 and 43 (SD was from 5.00 till 6.00).

Accessions No. 23, 29 and 41 (SD was till 0.6, for No. 29 SD = 0.5) were selected as the best for **food** (Fig. 3), especially because of the content of C vitamin. By these indices, accessions No. 2, 5, 12, 42 and SD respectively 0.7, 0.8, 0.8 and 0.7.

The **complex assessment** was carried out according to the 21 most important traits (Table 4). These traits were: erect plant growth habit, high plant height, high branching density, few internodes per plant, dense foliage, long inflorescence, wide inflorescence, high density of flowers, large number of bracts per spike, long period of flowering, early flowering, late flowering, relatively high density of glandular trichomes on different plant parts, high fresh biomass per plant, high air-dry biomass per plant, high winter hardiness, no symptoms of fungal diseases or physiological lesions as well as damages made by insects, relatively higher content of ascorbic acid, relatively higher content of essential oil, relatively higher content of carvacrol or thymol in essential oil, relatively higher ratio of phenolic monoterpenes in essential oil.

The results of the complex assessment showed that only nine oregano accessions stand out with a high rating for more than ten traits: No. 2, 14, 19, 23, 24, 29, 34, 39 and 40. From the group of the most productive accessions, No. 29 had the beginning of flowering earlier than July 15, but the rest of the accessions had late flowering. Accessions No. 14 and 29 can be noted as the most productive (having 11 traits). A larger group was formed by accessions with the complex from 6 to 10 traits. It was concluded that No. 1, 4 and 7 have less than five traits from the described complex. Accession No. 11 is characterised by low height, but it can be recommended for growing in pots, containers and kitchen gardens.

Methodology`s clarification of the Descriptor list *Origanum vulgare* L.

Describing accessions by Descriptor list *Origanum vulgare* L., several positions of the document were found to have shortcomings, therefore one of the tasks of the thesis was to clarify the document`s methodology. Descriptor codes were supplemented with explanatory drawings, a short description or a justification for the gradation, when needed. The new version of the document retained the previous format, but the relevant sections were supplemented with features:

- characterisation of plant: the following codes were inserted: 7.1.1 – variability of accession per population, 7.1.2 – plant age, 7.1.4 – plant diameter as well as the code 7.1.5 about plant height was supplemented with a drawing, explanations and gradation;
- characterisation of stem: specified terms in English were supplemented as well as gradation for shoot density was inserted and code 7.2.7. about the length of the longest internode was added;
- characterisation of leaf: code 7.3.1 was supplemented with methodological instructions for determining the density of foliage, code 7.3.4 about leaf width was added as a complement to code 7.3.5 for the indice as ratio of the length and width of the leaf blade; a heart-shaped leaf shape was added to code 7.3.6;
- characterisation of inflorescence: a figure with inflorescence` parameters was added for understanding indices under codes 7.4.1 and 7.4.2, code 7.4.3 about the ratio between length and width of inflorescence was added, methodology for determining the density of flowers was added to 7.4.4 as well as code 7.4.22 was supplemented with a rhomboid shape;
- characterisation of seed: code 7.5.3 about germination and methodology was added;
- evaluation: codes 8.3 and 8.4 were added for detecting of fresh and air-dry biomass of inflorescences, the methodology of detecting the severity of fungal diseases or insects was clarified.

The list of literature sources was revised and updated. After the relevant corrections, the total volume of the descriptor amounted to 8 pages, 82 traits. The document has been submitted for review in the ECPGR electronic system.

CONCLUSIONS

1. Significant differences between the accessions in several morphological and morphometric indicators as plant height, number of stems, colour of different plant's parts, length of inflorescence etc. were found. For all accessions high winter hardiness was observed during all years of the research, but higher productivity (number of stems per plant, length and width of inflorescences, fresh biomass) was observed during the first research period (2012–2015). (*Thesis 1 and 2*).
2. Plant aging negatively affects the yield's quality of oregano accessions. At 1st year after planting symptoms of fungal diseases and/or physiological lesions are not observed on oregano leaves, but on next years they increases plants becoming older. Therefore growing oregano in one place for more than three years is not recommended. (*Thesis 2*).
3. The average content of essential oils (0.13 mL kg⁻¹ air-dry biomass during three research years) is low for oregano accession, that can be explained by the minimal coverage of different plant parts` with glandular trichomes (from 0.37 till 3.65 pieces mm⁻²). As main compounds, caryophyllene oxide, β -caryophyllene, spathuneol, germacrene D and linalool can be distinguished in oregano accessions. The flower's colour affects the differences in the composition of essential oils. (*Thesis 3*).
4. Accessions No. 2, 3, 12, 14, 17, 18, 24, 28, 29, 43, 44, which are characterised by greater plant height and number of stems, longer and wider inflorescences, long flowering, high winter hardiness and productivity, are more suitable for cultivation in commercial plantations. (*Thesis 4*).
5. Accessions No. 3, 9, 11, 14, 17, 23, 24, 26, 35, 42, which are characterised by high winter hardiness, erect habit, dense foliage, unique colour of flowers, long flowering period and decorativeness, are more suitable for ornamental purposes. (*Thesis 4*).
6. Accessions No. 23, 29 and 41 are more suitable for food because of earliness, dense branching and foliage, distinctly green leaf colour, high fresh biomass and increased content of ascorbic acid. (*Thesis 4*).
7. According to the complex of 21 traits, accessions No. 14 and 29 are considered the most productive (by 13 characters). If accession No. 29 is characterised with erect habit (yield's harvesting optimisation in commercial growing), the habit of No. 14 is semi-erect. Accession No. 11 can be noted as a miniature as well as less productive plant but with potential for use in ornamental gardening. (*Thesis 4*).
8. The international Descriptor list *Origanum vulgare* L. had been clarified and supplemented with indices, methodological description, explanatory drawings, gradation's groups, specified terms etc. Document is proposed to describe accessions according to 82 indices. (*Thesis 5*).